

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
29 août 2002 (29.08.2002)

PCT

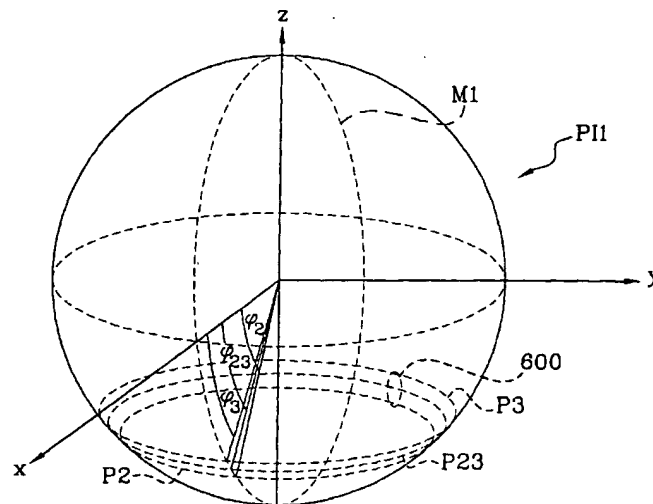
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 02/067048 A2**

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **G03B** (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **IM-MERVISION INTERNATIONAL PTE LTD** [SG/SG]; French Business Centre Singapore Pte Ltd., 89 Neil Road, 088849 Singapour (SG).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR02/00538
- (22) Date de dépôt international : 13 février 2002 (13.02.2002)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 01/02144 16 février 2001 (16.02.2001) FR
- (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **ARTONNE, Jean-Claude** [FR/SG]; 1 Tanglin Rise, Tanglin Hill Condominium, 247983 Singapour (SG). **BONAVITA, Hervé** [FR/FR]; 940, Chemin de Tardinaou, F-13400 Allauch (FR). **BLANC, Benjamin** [FR/FR]; 28, Boulevard de Compostelle, F-13012 Marseille (FR). **VILLEGAS, Mathieu** [FR/FR]; 33, rue du Docteur Cauvin, F-13012 Marseille (FR). **ROULET, Patrice** [FR/FR]; "Les Terrasses de la Mer", Montée Voisin, F-83150 Bandol (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OBTAINING A CONSTANT-HUE DIGITAL PANORAMIC IMAGE

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF POUR L'OBTENTION D'UNE IMAGE PANORAMIQUE NUMERIQUE A TEINTE CONSTANTE



(57) Abstract: The invention concerns a method for correcting the hue of a digital panoramic image derived from at least an initial wide-angle image whereof the image points are transferred in a three-dimensional co-ordinate system. The invention is characterised in that the method comprises: a step which consists in inserting a colour calibrating zone on the initial image when the shot is made, the calibrating zone comprising at least three primary colours combined or displayed in the form of a sequence of colours; a step which consists in detecting the colour calibrating zone (600) in the panoramic image, using a digital image analysing algorithm; and a step which consists in correcting the colours of the image points of the digital panoramic image, using as reference the primary colours present in the calibrating zone (600).

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de correction de la teinte d'une image panoramique numérique obtenue à partir d'au moins une image initiale grand angle dont les points image sont transférés dans un système de coordonnées à trois dimensions. Selon l'invention,

[Suite sur la page suivante]

WO 02/067048 A2



(74) **Mandataire :** MARCHAND, André; Omnipat, 24, place des Martyrs de la Résistance, F-13100 Aix en Provence (FR).

(81) **États désignés (national) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (régional) :** brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet

eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

le procédé comprend une étape d'insertion d'une zone d'étalonnage de couleurs sur l'image initiale au moment de la prise de vue, la zone d'étalonnage comprenant au moins trois couleurs primaires combinées ou présentées sous forme d'une séquence de couleurs, une étape de détection de la zone d'étalonnage de couleurs (600) dans l'image panoramique, faite au moyen d'un algorithme d'analyse d'image numérique, et une étape de correction des couleurs des points image de l'image panoramique numérique, faite en référence aux couleurs primaires présentes dans la zone d'étalonnage (600).

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR L'OBTENTION D'UNE IMAGE  
PANORAMIQUE NUMERIQUE A TEINTE CONSTANTE

La présente invention concerne la photographie numérique et notamment la réalisation de photographies grand angle, ainsi que la transformation de photographies grand angle en images panoramiques numériques.

5 La présente invention concerne également la présentation d'images panoramiques numériques sur un écran, et la visite virtuelle de lieux au moyen d'images panoramiques.

Ces dernières années, les progrès rapides de la micro-  
10 informatique et des techniques de fabrication des appareils photographiques numériques ont été à l'origine d'un important développement de la photographie numérique et de son accessibilité au public.

Parmi les diverses applications offertes par la  
15 photographie numérique, la présentation d'images panoramiques à 360° sur les écrans d'ordinateurs connaît un essor important car cette technique permet de réaliser des visites virtuelles de lieux à partir d'un simple écran d'ordinateur offrant un angle de vision réduit, l'observateur pouvant au  
20 moyen d'un pointeur d'écran faire glisser l'image présentée à l'écran vers la gauche, la droite, le haut ou le bas, jusqu'à atteindre les limites de l'image panoramique. Ces images panoramiques sont généralement d'un aspect sphérique ou cylindrique, de sorte que l'observateur peut au moins  
25 effectuer un tour complet dans le plan horizontal de l'image en revenant à son point de départ. Les images sphériques permettent en outre d'effectuer un tour complet dans le plan vertical. Par ailleurs, la prévision de liens de type hyper-  
30 ancre entre deux images panoramiques permet à l'observateur de passer d'une image à une autre par un simple "clic" de souris sur une zone active présente dans l'image, la zone active correspondant généralement à un objet présent sur l'image, par exemple une porte, une fenêtre,...

Divers exemples d'images panoramiques et de visites virtuelles sont présentés sur de nombreux sites Web. On pourra notamment se reporter au site "http://www.panoguide.com" ("the guide to panoramas and panoramic photography") qui donne un aperçu exhaustif de l'ensemble des produits à la disposition du public, depuis le matériel photographique jusqu'aux logiciels permettant de former des images panoramiques à 360° par assemblage de photographies grand angle, de corriger la teinte des images, de réaliser des zones actives permettant de chaîner des images panoramiques, ... De tels logiciels, qui mettent en oeuvre des algorithmes mathématiques de traitement d'images numériques, sont proposés au public sous forme de programmes téléchargeables sur Internet ou de CD-ROM disponibles dans le commerce.

A ce jour, ces techniques d'obtention d'images panoramiques numériques et de visite virtuelle, malgré leur accessibilité croissante au public et l'engouement qu'elles suscitent, présentent divers inconvénients qui seront exposés dans ce qui suit.

#### **Inconvénients relatifs au matériel de photographie**

Il est rappelé ici que l'obtention d'une image panoramique numérique à 360° nécessite généralement la réalisation d'au moins deux photographies à 180° (ou de N photographies faites avec un angle de  $360^\circ/N$ ) au moyen d'un objectif panoramique et d'une tête panoramique, les objectifs à 360° étant coûteux et présentant un angle de prise de vue réduit dans le plan vertical. Une telle tête panoramique comprend une partie montée rotative qui reçoit l'appareil photographique et qui comprend des moyens de réglage de la position de l'appareil, grâce auxquels on peut obtenir, après divers réglages, l'alignement du plan nodal de l'objectif et de l'axe de rotation de la tête panoramique, ce qui est indispensable pour éviter les erreurs de parallaxe. Or, un tel alignement n'est pas aisé à obtenir et nécessite divers réglages et essais. De plus, les têtes panoramiques sont des instruments de précision d'un prix non négligeable.

D'autre part, les appareils photographiques numériques de type SLR ("single Lens Reflex") peuvent recevoir tout type d'objectif mais sont coûteux et peu accessibles au grand public, qui se tourne généralement vers les appareils photographiques numériques de type compact, c'est à-dire à objectif fixe. Pour pallier l'inconvénient que constitue l'inamovibilité de l'objectif des appareils compacts, certains fabricants proposent des objectifs appelés "adaptateurs" ("conversion lens") parmi lesquels on trouve des adaptateurs panoramiques ("fisheye conversion lens" ou "fisheye converters") et des adaptateurs du type téléobjectif ("tele converter lens"). Ces adaptateurs peuvent être vissés directement sur l'objectif fixe de l'appareil compact, la lentille arrière de l'adaptateur se trouvant alors en regard de la lentille avant de l'objectif fixe, et permettent au détenteur d'un appareil compact de réaliser des photographies grand angle. Malheureusement, de tels adaptateurs ne sont pas universels et de nombreux appareils photographiques compacts ne peuvent les recevoir, n'étant pas pourvus du filetage nécessaire.

Ainsi, un objectif de la présente invention est de prévoir un procédé et un dispositif support d'appareil photographique permettant de réaliser une photographie grand angle au moyen d'un appareil photographique numérique de type compact, y compris un appareil photographique compact ne comprenant pas de moyen de fixation d'un adaptateur panoramique.

Un autre objectif de la présente invention est de prévoir un procédé et un dispositif facilitant la réalisation de photographies grand angle sans erreur de parallaxe, sans nécessiter les habituels et délicats réglages de la position de l'appareil visant à obtenir un bon alignement entre l'axe de rotation de l'appareil et le plan nodal de la lentille frontale de l'objectif panoramique.

Un autre objectif de la présente invention est de prévoir un dispositif support d'appareil qui soit d'une structure simple et d'un prix de revient réduit.

### Inconvénients relatifs aux disparités de teinte entre les images panoramiques

Un autre inconvénient des techniques susmentionnées concerne la correction des teintes des images panoramiques  
5 obtenues par assemblage de photographies grand angle.

Rappelons ici qu'après avoir réalisé au moins deux photographies numériques grand angle, les fichiers photographiques délivrés par le capteur d'image de l'appareil photographique doivent être transférés dans un micro-  
10 ordinateur équipé d'un logiciel exécutant des algorithmes de conversion d'image. De tels algorithmes transfèrent les points image de chaque photographie dans un système de coordonnées à trois dimensions, du type sphérique, cubique, cylindrique, polyédrique, etc... Après le transfert, on  
15 dispose de deux images semi-panoramiques, par exemple deux images en demi-sphères, qui sont assemblées pour obtenir une image panoramique totale, c'est-à-dire à 360°.

Bien que les appareils photographiques numériques effectuent une balance des blancs et une correction de la  
20 luminosité (correction de gamma), les conditions de prise de vue diffèrent selon que l'on se trouve face au soleil ou dos au soleil et, pour les photographies effectuées en intérieur, en fonction des sources de lumière présentes (néons, fenêtres, etc.). En conséquence, chacune des images semi-  
25 panoramique présente une teinte dominante qui lui est propre, ce qui apparaît nettement dans l'image panoramique finale, par exemple sous la forme d'une brusque variation de teinte entre la première et la deuxième demi-sphère dans le cas d'une image panoramique sphérique.

30 Une solution classique à ce problème consiste à effectuer un recalage des couleurs d'une demi-sphère en se référant à l'autre demi-sphère. Un tel recalage comprend une étape de détermination du gamma des couleurs primaires de la première demi-sphère dans les zones de recouvrement ou de  
35 jointure avec la seconde demi-sphère, faite en se référant à l'intensité des couleurs primaires des points de la seconde demi-sphère. L'étape suivante consiste à appliquer une correction de gamma à tous les points de la première demi-

sphère. On obtient alors une teinte dominante constante sur l'ensemble de l'image panoramique.

Malheureusement, une telle correction de teinte ne présente qu'une valeur relative et le problème de disparité des teintes réapparaît lorsque l'on compare deux images panoramiques, chaque image présentant une teinte générale qui, bien qu'étant homogène grâce au procédé susmentionné, est différente de celle de l'image suivante. Ce problème apparaît nettement lorsque plusieurs images panoramiques sont chaînées dans le cadre d'une visite virtuelle d'un lieu, et se traduit par de fortes variations de teinte lorsque l'observateur passe d'une image panoramique à l'autre.

Ainsi, encore un autre objectif de la présente invention est de prévoir un moyen et un procédé de correction de teinte permettant d'homogénéiser la teinte de plusieurs images panoramiques numériques.

#### Inconvénients relatifs à l'orientation des images panoramiques lors d'une visite virtuelle

Un autre problème des techniques susmentionnées, apparaissant dans le cadre d'une visite virtuelle, est que l'observateur est sujet à un phénomène de désorientation lors d'une transition d'une image panoramique à l'autre, car il se trouve dépourvu d'un référentiel commun entre les différents panoramiques. Ce phénomène est particulièrement sensible dans le cadre d'une visite virtuelle d'un lieu comprenant plusieurs pièces contiguës représentées chacune par une ou plusieurs images panoramiques. Considérons par exemple trois pièces contiguës comprenant chacune une porte d'accès à chacune des deux autres pièces, et trois images panoramiques représentant respectivement chacune des pièces et comprenant chacune deux zones actives définies dans les régions correspondant aux portes. Le problème qui se pose est de définir la portion d'image panoramique à afficher sur l'écran lorsque l'observateur pénètre dans une image panoramique.

Une solution connue consiste à définir un angle d'orientation par défaut qui est constant quel que soit le point d'entrée dans l'image panoramique. Si l'on reprend l'exemple cité ci-dessus, cela signifie que la portion de

pièce présentée à l'écran est constante quelle que soit la porte par laquelle on y est entré. Il est donc évident que cette solution présente l'inconvénient de désorienter l'observateur.

5 Une autre solution connue consiste à définir plusieurs angles d'orientation par défaut, choisis de façon dynamique en fonction du point d'entrée dans l'image panoramique, c'est-à-dire en fonction de la zone active sélectionnée dans l'image panoramique précédente. Cette solution présente  
10 l'inconvénient d'être complexe à mettre en œuvre. Elle nécessite l'établissement d'une cartographie des lieux et la détermination d'un angle d'orientation pour chaque lien hyper-ancré prévu entre deux images.

Ainsi, encore un autre objectif de la présente  
15 invention est de prévoir un moyen et un procédé pour orienter une image panoramique numérique.

Encore un autre objectif de la présente invention est de prévoir un procédé d'affichage d'une image panoramique numérique dans lequel l'orientation de l'image est déterminée  
20 de façon dynamique sans qu'il soit nécessaire de chaîner les diverses images panoramiques.

Au moins un objectif de la présente invention est atteint par la prévision d'un dispositif support d'appareil photographique, comprenant une pièce d'étalonnage de couleurs  
25 agencée de manière à apparaître dans une prise de vue lorsqu'un appareil photographique équipé d'un objectif panoramique est fixé sur le dispositif support.

Selon un mode de réalisation, la pièce d'étalonnage de couleurs comprend au moins trois couleurs primaires combinées  
30 ou présentées sous forme d'une séquence de couleurs.

Selon un mode de réalisation, la pièce d'étalonnage de couleurs comprend une répétition d'une séquence de trois couleurs primaires.

Selon un mode de réalisation, la pièce d'étalonnage de  
35 couleurs comprend, entre deux séquences de trois couleurs primaires, une zone de séparation comprenant au moins une couleur choisie parmi les couleurs suivantes : le noir, le blanc et le gris.



Selon un mode de réalisation, la pièce d'étalonnage de couleurs est circulaire et concentrique à l'axe de rotation du dispositif support.

5 Selon un mode de réalisation, le dispositif support comprend en outre une boussole et des moyens de fixation de la boussole agencés de manière que la boussole apparaisse dans une prise de vue lorsqu'un appareil photographique équipé d'un objectif panoramique est fixé sur le dispositif support.

10 Selon un mode de réalisation, la pièce d'étalonnage de couleurs est circulaire et concentrique au cadran de la boussole.

15 Selon un mode de réalisation, la pièce d'étalonnage de couleurs est agencée à la périphérie du cadran de la boussole.

Selon un mode de réalisation, la boussole comprend un cadran de couleur artificielle destiné à être distingué des couleurs naturelles d'une prise de vue au cours d'une analyse d'image par ordinateur visant à trouver l'emplacement du cadran de la boussole.

20 Selon un mode de réalisation, le dispositif support comprend une languette de repérage d'une orientation arbitraire, dont la position peut être réglée manuellement pour faire apparaître la languette dans une prise de vue lorsqu'un appareil photographique équipé d'un objectif panoramique est fixé sur le dispositif support.

Selon un mode de réalisation, la languette s'étend au-dessus du cadran d'une boussole.

30 Selon un mode de réalisation, le dispositif support comprend des moyens de fixation d'un appareil photographique équipé ou pouvant être équipé d'un premier objectif, et des moyens de fixation d'un objectif adaptateur, notamment un objectif adaptateur panoramique, agencés pour maintenir l'objectif adaptateur dans l'alignement du premier objectif sans qu'il soit nécessaire de fixer l'objectif adaptateur à l'appareil photographique.

Selon un mode de réalisation, le dispositif support comprend des moyens de rotation autour d'un axe, les moyens

de fixation de l'objectif adaptateur étant agencés pour maintenir l'objectif adaptateur dans une position telle que l'axe de rotation du dispositif support se trouve sensiblement dans le plan nodal de la lentille frontale de l'objectif adaptateur.

La présente invention concerne également un procédé de correction de la teinte d'une image panoramique numérique obtenue en transférant dans un système de coordonnées à trois dimensions les points image d'au moins une image initiale, comprenant : une étape d'insertion d'une zone d'étalonnage de couleurs sur l'image initiale au moment de la prise de vue, la zone d'étalonnage comprenant au moins trois couleurs primaires combinées ou présentées sous forme d'une séquence de couleurs, une étape de détection de la zone d'étalonnage de couleurs dans l'image panoramique, faite au moyen d'un algorithme d'analyse d'image numérique, et une étape de correction des couleurs des points image de l'image panoramique numérique, faite en référence aux couleurs primaires présentes dans la zone d'étalonnage.

Selon un mode de réalisation, l'insertion d'une zone d'étalonnage de couleurs sur l'image initiale comprend le fait d'agencer une pièce d'étalonnage de couleurs dans le champ de prise de vue d'un objectif panoramique, de manière que la pièce d'étalonnage de couleurs apparaisse sur l'image initiale.

Selon un mode de réalisation, l'étape de correction des couleurs comprend : une étape de détermination du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de couleurs, faite en référence à une intensité de couleur de référence attribuée à chaque couleur primaire, et une étape de correction de gamma appliquée à tout ou partie des points image de l'image panoramique numérique, réalisée au moyen du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de couleurs.

Selon un mode de réalisation, l'étape de détermination du gamma comprend un calcul de la valeur moyenne de l'intensité des couleurs primaires présentes dans zone d'étalonnage.

Selon un mode de réalisation, l'étape de détermination du gamma et l'étape de correction de gamma sont appliquées à des secteurs de l'image panoramique et sont répétées pour chaque secteur suivant jusqu'à couvrir l'ensemble de l'image panoramique, la détermination du gamma est faite pour chaque  
5 secteur au moyen des couleurs primaires de la zone d'étalonnage qui sont présentes dans le secteur considéré, et - la correction de gamma appliquée aux points image du secteur considéré est réalisée au moyen du gamma des couleurs  
10 primaires de la zone d'étalonnage présentes dans le secteur considéré.

Selon un mode de réalisation, la zone d'étalonnage de couleurs comprend au moins une séquence de trois couleurs primaires.

15 Selon un mode de réalisation, les points image sont transférés dans un système de coordonnées sphériques, la zone d'étalonnage de couleurs occupe un secteur de sphère dans l'image panoramique sphérique, et l'étape de détermination du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de  
20 couleurs comprend un balayage angulaire du secteur de sphère comprenant la zone d'étalonnage.

Selon un mode de réalisation, l'image initiale est une photographie.

Selon un mode de réalisation, l'image initiale est  
25 délivrée par une caméra vidéo.

Ces objets, caractéristiques et avantages ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés plus en détail dans la description suivante d'un dispositif support d'appareil photographique selon l'invention, d'un procédé  
30 selon l'invention d'orientation d'une image panoramique numérique, d'un procédé selon l'invention de correction de la teinte d'une image panoramique numérique, et d'un procédé selon l'invention d'affichage sur un écran d'une image panoramique numérique, faite à titre non limitatif en  
35 relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe d'un mode de réalisation d'un dispositif support d'appareil photographique selon l'invention,

- la figure 2 est une vue de dessus du dispositif support de la figure 1,
- la figure 3 est une vue de face du dispositif support de la figure 1,
- 5 - la figure 4 est une vue en perspective du dispositif support de la figure 1,
- la figure 5 est une vue éclatée d'un élément du dispositif support de la figure 1,
- la figure 6 est une vue rapprochée du dispositif support montrant une boussole et une pièce d'étalonnage de couleurs,
- 10 - la figure 7 est une vue en coupe de la boussole et de la pièce d'étalonnage de couleurs,
- la figure 8 est un exemple de photographie grand angle réalisée au moyen d'un appareil photographique agencé sur un
- 15 dispositif support selon l'invention,
- la figure 9 est un organigramme décrivant des étapes d'obtention d'une image panoramique numérique, d'orientation de l'image panoramique et de correction de la teinte de l'image panoramique numérique,
- 20 - les figures 10A et 10B représentent schématiquement une image panoramique numérique de type sphérique et illustrent respectivement une étape du procédé d'orientation d'image selon l'invention et une étape du procédé de correction de teinte selon l'invention,
- 25 - les figures 11A et 11B représentent schématiquement un lieu clos et illustrent un procédé selon l'invention d'affichage d'images panoramiques,
- la figure 12 est un organigramme décrivant un mode de réalisation du procédé d'affichage selon l'invention, et
- 30 - la figure 13 représente un système de vidéosurveillance et illustre une application de la présente invention.

#### I - Description d'un dispositif support d'appareil photographique selon l'invention

##### a - Aspects principaux du dispositif support

- 35 Les figures 1 à 4 représentent respectivement par une vue en coupe, une vue de dessus, une vue de face et une vue en perspective un exemple de réalisation d'un dispositif 20 selon l'invention, destiné à servir de support à un appareil

photographique compact et représenté ici avec un tel appareil.

Le dispositif support 20 comprend un corps 21 monté rotatif sur une base 1 fixée sur un trépied 2. Le corps 21 est réalisé ici par soudure ou collage de deux coquilles en matière plastique moulée, la ligne 22 d'assemblage des deux pièces apparaissant en figure 4. En référence à la figure 1, la partie arrière du corps 21 présente un logement 23 recevant ici un appareil photographique numérique 10 de type compact, comprenant un objectif 11 non amovible ou objectif "fixe". A l'avant du logement 23 se trouve une cavité cylindrique 24 recevant l'objectif 11 et débouchant sur une autre cavité cylindrique 25 de plus grand diamètre, qui débouche à l'avant du corps 21. L'appareil photographique 10 est verrouillé dans le logement 23 au moyen d'une goupille 12 vissée dans un orifice de fixation prévu sur la face inférieure de l'appareil 10, un tel orifice étant en soi classique. La rotation du dispositif 20 sur la base 1 est assurée par une pièce tubulaire 3A solidaire de la base 1 et orientée vers le haut, recevant une partie cylindrique 3B formée dans la partie inférieure du corps 21. La partie inférieure du corps 21, qui s'étend autour de la pièce tubulaire 3A, présente une face inférieure sensiblement parallèle à la base 1 pourvue d'une bille 26 montée captive dans une cavité, la bille 26 étant poussée par un ressort contre la base 1. La bille 26 coopère avec une cavité 4 pratiquée sur la base 1, l'ensemble formant un système de blocage du corps 21 dans une position angulaire déterminée autour de l'axe 3B. Au moins deux cavités 4 sont pratiquées sur la base 1 de part et d'autre de l'axe de rotation 3B pour permettre de bloquer le corps 21 dans deux positions angulaires décalées de 180°, en vue de la réalisation de deux photographies panoramiques complémentaires permettant d'obtenir, après numérisation et assemblage des photographies, une image panoramique numérique à 360°.

Par ailleurs, la cavité cylindrique 25 pratiquée dans la partie avant du corps 21 reçoit une pièce 27 permettant la fixation d'un objectif 15 du type adaptateur panoramique

("panoramic converter lens"). Un tel adaptateur panoramique 15 est prévu pour coopérer avec l'objectif fixe 11 de l'appareil photographique pour former un groupe optique offrant un angle de prise de vue de l'ordre de  $360^\circ$ , de préférence sensiblement supérieur à  $360^\circ$  et de l'ordre de  $363^\circ$ . Comme cela apparaît sur les diverses figures, la pièce de fixation 27 maintient l'adaptateur panoramique 15 en regard de l'objectif fixe 11 et dans l'alignement de celui-ci sans qu'il soit nécessaire de le fixer à l'appareil photographique.

La pièce de fixation 27 est montée coulissante dans la cavité 25 et est poussée par des ressorts 27A, 27B en direction de l'objectif fixe 11. Comme cela apparaît sur la vue éclatée de la figure 5, la pièce 27 est ici un cylindre creux formant un fourreau dans lequel l'adaptateur panoramique 15, de forme correspondante, est agencé. Le fond de la pièce 27, se trouvant en regard de la lentille frontale de l'objectif fixe 11, présente une paroi dans laquelle a été pratiqué un orifice 28 assurant le passage de la lumière entre l'adaptateur panoramique 15 et l'objectif fixe 11. L'orifice 28 est entouré par une pièce annulaire 29 de faible diamètre, par exemple en feutre ou en caoutchouc, fixée sur la face arrière de la paroi. La pièce annulaire 29 vient au contact de la partie périphérique de l'objectif fixe 10, qui est en matière plastique, et joue le rôle d'amortisseur et d'entretoise. Ainsi, lorsque l'adaptateur panoramique 15 est engagé au fond de la pièce 27 et que la pièce 27 est plaquée contre l'objectif 11 par les ressorts 27A, 27B, la lentille arrière de l'adaptateur panoramique 15 ne vient pas au contact de la lentille avant de l'objectif 11, ce qui évite de rayer les deux lentilles.

La pièce 27 et l'adaptateur panoramique 15 sont pourvus d'un système de verrouillage de type universel, ici un système à baïonnette, permettant d'agencer dans la pièce 27 d'autres types d'adaptateur, par exemple un télé-adaptateur ("tele converter lens"). Ainsi, on voit en figure 5 que le fond de la pièce 27 présente trois ouvertures 30A, 30B, 30C prévues pour recevoir trois pièces 31A, 31B, 31C formant

crochets solidaires de la face arrière de l'adaptateur panoramique 15, le verrouillage s'opérant de façon classique par insertion et rotation de l'adaptateur panoramique 15 dans la pièce 27. Le dispositif support comporte en outre une  
5 pièce 32 formant levier dont une extrémité coopère avec une encoche 33 pratiquée sur un bord de l'adaptateur panoramique 1, par l'intermédiaire d'une fente pratiquée sur un bord de la pièce 27. Sur la figure 1, il apparaît que la pièce 32 est maintenue dans une position de blocage par un ressort 34 et  
10 peut basculer dans une position de libération de l'adaptateur panoramique 15 par action sur un bouton poussoir 35.

Le corps 21 du dispositif support comprend également un conduit de lumière 36 pourvu d'une fibre optique, débouchant sur la face avant du corps 21 et permettant d'amener une  
15 lumière frontale jusqu'à une cellule photoélectrique 13 de l'appareil photographique 10.

Selon une caractéristique optionnelle mais avantageuse de la présente invention, le plan nodal de la lentille frontale 16 de l'adaptateur panoramique 15 se trouve  
20 naturellement dans l'alignement de l'axe de rotation 3B du dispositif lorsque l'adaptateur 15 est verrouillé dans la pièce 27 et que cette dernière est en butée contre l'objectif 11. On désigne ici par "plan nodal" un plan comprenant les points nodaux de la lentille, dont l'alignement avec l'axe de  
25 rotation doit être assuré pour éviter les erreurs de parallaxe, comme cela est bien connu de l'homme de l'art. En pratique, ce résultat est obtenu par un agencement de l'axe de rotation 3B à l'avant du corps 21, en tenant compte, au moment de la conception du corps 21, de la longueur de  
30 l'adaptateur panoramique 15 et de la longueur de la lentille fixe 11.

Il en résulte que le dispositif support 20 selon l'invention, associé avec l'adaptateur panoramique 15 et avec un appareil photographique numérique de type compact, peut  
35 être utilisé par des personnes non expérimentées pour réaliser des photographies panoramiques, sans réglage d'alignement ni essais visant à déceler les erreurs de parallaxe. Il en résulte également un faible prix de revient

du dispositif support selon l'invention, qui ne dispose pas des coûteux mécanismes gradués que l'on trouve sur les têtes panoramiques classiques. De ce fait, l'ensemble formé par l'adaptateur panoramique et le dispositif support peut être commercialisé sous la forme d'un kit d'un prix de vente réduit, accessible à la majorité du public.

En outre, le dispositif support selon l'invention peut s'adapter à tout type d'appareil numérique compact, y compris les appareils compacts qui ne sont pas prévus pour recevoir un adaptateur panoramique. Le faible prix de revient du dispositif selon l'invention permet de prévoir un corps 21 différent pour chaque type d'appareil compact présent sur le marché, tout en conservant un adaptateur panoramique 15 commun à tous les modes de réalisation.

Le dispositif support qui vient d'être décrit est bien entendu susceptible de diverses variantes de réalisation à la portée de l'homme de l'art, pouvant porter sur la plupart des caractéristiques particulières du mode de réalisation qui vient d'être décrit, tout en restant dans le cadre de la présente invention. Notamment, une variante de réalisation permettant de réduire encore plus le prix de revient du dispositif consiste à fixer l'adaptateur panoramique 15 de façon définitive sur le corps 21, sans prévision de la pièce 27. Un mode de réalisation exclusivement dédié à la photographie grand angle peut ainsi être prévu. Dans un tel mode de réalisation, l'adaptateur panoramique est monté de façon coulissante et est poussé par un système à ressort dans une position de butée arrière où il se trouve en regard et dans l'alignement de l'objectif fixe de l'appareil photographique.

D'autre part, la position de butée de l'adaptateur panoramique peut être obtenue de diverses manières, autres qu'un contact avec l'objectif fixe, notamment au moyen d'une butée fixe au fond du logement recevant l'adaptateur panoramique.

On notera ici que certains appareils photographiques numériques compacts présentent des objectifs fixes mais motorisés, le terme "fixe" désignant ici le caractère



inamovible de l'objectif. Comme de tels objectifs motorisés sont susceptibles d'avancer lors d'un réglage de distance focale, la prévision d'un moyen élastique assurant un contact souple entre l'adaptateur panoramique et l'objectif fixe permet d'éviter toute détérioration de l'objectif fixe ou de l'adaptateur en cas de déplacement inopiné vers l'avant de l'objectif fixe. Sur les autres appareils photographiques compacts, la motorisation assurant le réglage de la distance focale est appliquée au système de lentille qui se déplace à l'intérieur de l'objectif fixe, dont la longueur externe reste ainsi constante.

Le dispositif support 20 représenté sur les figures 1 à 4 présente d'autres caractéristiques qui seront décrites dans ce qui suit. Ces caractéristiques additionnelles sont en soi indépendantes des précédentes et sont ainsi susceptibles d'être appliquées à d'autres supports d'appareil photographique, notamment les têtes panoramiques classiques. Ces caractéristiques additionnelles sont prévues en relation avec des aspects de la présente invention se rapportant au traitement d'une image numérique, notamment un procédé d'orientation d'images panoramiques numériques et un procédé de correction de teinte qui seront décrit plus loin.

**b . - Aspects du dispositif support concernant l'obtention d'images panoramiques orientées**

Si l'on se réfère à nouveau à la figure 1, on voit que le corps 21 présente, sous la lentille frontale 16 de l'adaptateur panoramique, une région sensiblement en retrait se trouvant à la verticale de l'axe de rotation 3B, formant une sorte d'évidement où sont agencés des éléments additionnels. Ces éléments additionnels comprennent une boussole 40 et une languette 50 fixées à l'extrémité d'une tige verticale 41 coaxiale à l'axe de rotation 3B, la tige 41 n'étant pas solidaire en rotation du corps 21. La tige 41, vissée ici dans la base 1, traverse la base 1 ainsi que l'axe cylindrique 3B du corps 21 pour atteindre la région se trouvant sous la lentille frontale 16.

Ces éléments sont représentés plus en détail sur la figure 7. La boussole 40 comprend un boîtier 42 recouvert par

un verre 43 et portant une aiguille magnétisée 44. La languette 50 est agencée horizontalement et parallèlement au verre 43, et s'étend au-dessus de la boussole. La languette 50 est portée par un bras 51 qui longe le bord du boîtier 42.

5 La partie inférieure du bras 51 est fixée à un disque 52 agencé sous le boîtier 42 et monté rotatif autour de la tige 41.

Le fond du boîtier 42 présente de préférence une couleur artificielle se distinguant des couleurs naturelles

10 d'une prise de vue, par exemple du jaune fluorescent. Une moitié de l'aiguille 44, par exemple la moitié nord, présente une couleur offrant un contraste élevé par rapport à la couleur du cadran, par exemple du rouge, tandis que l'autre moitié de l'aiguille présente de préférence la même couleur

15 que le cadran. La languette 50 présente elle-même une couleur offrant un contraste élevé par rapport à la couleur du cadran, tout en étant différente de celle de l'aiguille, par exemple du bleu, l'aiguille 44 et la languette 50 constituant chacune un repère d'orientation destiné à être photographié

20 lors d'une prise de vue. Enfin, la partie centrale du cadran présente une couleur sombre, de préférence noire, obtenue ici par collage d'un disque de papier noir 45 sur le verre 43. Ainsi, comme on le voit en figure 2, le cadran 46 de la boussole vu de dessus a l'aspect d'un anneau coloré, ici un

25 anneau jaune, coupé dans le sens radial par un trait rouge (moitié nord de l'aiguille 44) et par un trait vert (languette 50).

La figure 8 représente schématiquement une photographie panoramique 65 réalisée au moyen du dispositif support selon l'invention. La partie utile de cette photographie est

30 classiquement de forme circulaire et la photographie présente des bords sombres qui seront supprimés ultérieurement lorsque l'image sera numérisée. Le cadran 46 de la boussole étant coaxial à l'axe de rotation 3B et dans l'alignement du plan

35 nodal de la lentille frontale 16 de l'adaptateur panoramique, une moitié de cadran apparaît dans chaque photographie panoramique réalisée, quelle que soit la position angulaire du corps relativement à la base. On aperçoit ainsi sur le

bord inférieur de la photographie un anneau de couleur jaune (cadran 46). L'anneau de couleur jaune est ici coupé dans le sens radial par un trait rouge (moitié nord de l'aiguille 44) et par un trait vert (languette 50), ce qui signifie que la  
5 photographie a été prise sensiblement en direction du nord et/ou que l'utilisateur n'a pas cherché à dissimuler la languette.

En référence à la figure 6, le "mode d'emploi" recommandé du dispositif selon l'invention est le suivant :  
10 l'utilisateur choisit le point de vue à partir duquel il veut réaliser deux photographies complémentaires, prend une première photographie, fait pivoter l'appareil photographique de 180° et prend une seconde photographie. Si le champ magnétique terrestre est présent et que l'aiguille de la  
15 boussole s'oriente naturellement au Nord, l'utilisateur doit de préférence faire tourner la languette 50 autour de son axe de manière que celle-ci n'apparaisse pas sur la photographie. Si, au contraire, l'utilisateur se trouve en un lieu où le champ magnétique terrestre est atténué et n'oriente pas  
20 correctement l'aiguille de la boussole, l'utilisateur choisi une direction arbitraire et maintient la languette 50 dans cette direction à chaque prise de vue et à chaque nouveau groupe de deux photographies, s'il souhaite ensuite réaliser une visite virtuelle du lieu sans perte d'orientation grâce à  
25 un procédé décrit plus loin.

**c - Aspects du dispositif support concernant le contrôle de la teinte d'une image panoramique**

Si l'on se réfère à la figure 6, on voit que la région du dispositif support se trouvant sous la lentille frontale  
30 16 comprend également une pièce d'étalonnage de couleurs 60. La pièce d'étalonnage 60 est avantageusement annulaire et coaxiale à l'axe de rotation 3B de manière à apparaître dans les prises de vue quelle que soit la position angulaire de l'appareil photographique, comme on le voit sur la  
35 photographie de la figure 8. La pièce d'étalonnage 60 est agencée ici à la périphérie du cadran 46 de la boussole et est fixée directement sur le verre 43, comme cela apparaît sur la vue en coupe de la figure 7. La pièce d'étalonnage est

par exemple un anneau en plastique ou papier collé sur le verre 43.

La pièce d'étalonnage 60 comprend ici une pluralité de secteurs colorés 61A, 61B, 61C présentant chacun une couleur primaire déterminée. Ces couleurs primaires sont de préférence le vert, le rouge et le bleu. Elles sont de préférence choisies non saturées, et présentent par exemple une intensité de 50%. Les valeurs suivantes peuvent être choisies en référence à la norme PANTONE :

10

Secteurs 61A : Rouge 50% soit Magenta50 + Jaune50

Secteurs 61B : Vert 50% soit Cyan50 + Jaune50

Secteurs 61C : Bleu 50% soit Cyan50 + Magenta50

15 Les secteurs 61A, 61B, 61C forment des séquences de couleurs primaires qui se répètent sur tout le périmètre de la pièce d'étalonnage 60 et font ainsi apparaître une succession de séquences Rouge Vert Bleu.

Dans une variante de réalisation, la pièce d'étalonnage 20 60 est un anneau de couleur grise, présentant par exemple un gris moyen à 50% (Noir50) ce qui correspond à une couleur comprenant une égale proportion de Rouge 50%, Vert 50% et bleu 50%. La pièce d'étalonnage peut par ailleurs comprendre, entre les séquences de trois couleurs primaires, des zones de 25 noir ou de blanc ou des séquences de noir et de blanc, ou encore des séquences de noir, de blanc et de gris. On peut encore prévoir la présence d'un gris 18% (Noir18) pour éventuellement corriger la luminance au cours d'une étape de correction de teinte décrite plus loin.

30 Enfin, la pièce d'étalonnage 60 présente de préférence une bande noire de faible épaisseur à sa périphérie, formant une sorte d'anneau noir qui entoure les séquences de couleurs primaires, dont l'utilité apparaîtra plus loin.

Le dispositif support selon l'invention est bien 35 entendu susceptible de diverses variantes et modes de réalisation entrant dans le cadre de la présente invention, notamment en ce qui concerne la forme et l'agencement de la boussole, la structure de la boussole, la forme et

l'agencement de la pièce d'étalonnage de couleurs, sa structure et l'agencement des couleurs sur la pièce d'étalonnage.

D'autre part, bien que le dispositif qui vient d'être  
5 décrit ait été initialement conçu pour permettre  
l'utilisation d'un adaptateur panoramique avec des appareils  
compacts dépourvus de moyen de montage d'un tel objectif  
panoramique, il doit être noté que le dispositif support  
selon l'invention est également utilisable avec des appareils  
10 photographiques SLR ("Single Lens Reflex"). Une telle  
utilisation du dispositif support avec des appareils SLR se  
justifie notamment par le fait que le dispositif support  
comprend des éléments additionnels comme la boussole, la  
languette d'orientation, la pièce d'étalonnage de couleurs,  
15 qui sont susceptibles d'intéresser les détenteurs de tels  
appareils SLR, en général des professionnels de la  
photographie. L'utilité de ces éléments additionnels  
apparaîtra clairement à la lecture de la description suivante  
d'un procédé d'orientation selon l'invention d'une image  
20 panoramique, et d'un procédé de correction selon l'invention  
de la teinte d'une image panoramique numérique.

## **II - Description d'un procédé d'obtention d'une image panoramique numérique orientée et à teinte constante**

L'organigramme de la figure 9 décrit les principales  
25 étapes d'obtention d'une image panoramique numérique orientée  
et à teinte constante. On distingue sur cet organigramme une  
étape d'acquisition S1, une étape de numérisation S2, une  
étape S3 de formation d'une image panoramique numérique, une  
étape S4 d'orientation de l'image panoramique et une étape S5  
30 de correction de la teinte de l'image panoramique. Les étapes  
S1, S2 et S3 sont en soi classiques et ne seront que  
succinctement décrites. L'étape S4 est réalisée conformément  
à un procédé d'orientation selon l'invention. L'étape S5 est  
réalisée conformément à un procédé de correction de teinte  
35 selon l'invention. Les étapes S4 et S5 sont en soi  
indépendantes l'une de l'autre et pourraient être  
interverties. Toutefois, compte-tenu de l'agencement de la  
pièce d'étalonnage 60 dans le dispositif support 20 décrit

plus haut, il est avantageux ici de réaliser l'étape S5 après l'étape S4 pour des raisons qui apparaîtront plus loin.

L'étape S1 consiste à réaliser au moins deux photographies panoramiques complémentaires, en faisant  
5 pivoter l'appareil photographique d'un angle de  $180^\circ$  autour d'un axe passant par le plan nodal de la lentille panoramique. Ces étapes sont de préférence réalisées avec un appareil photographique numérique, bien qu'un appareil à pellicule puisse aussi être utilisé si l'on dispose d'un  
10 scanner permettant de numériser les photographies pour obtenir des fichiers photo. Les fichiers photo délivrés par l'appareil photographique numérique ou par le scanner contiennent des images dont les points image sont codés RVBA et sont agencés dans une table à deux dimensions, "R" étant  
15 le pixel rouge du point image, "V" le pixel vert, "B" le pixel bleu, et "A" le paramètre Alpha ou transparence. Les paramètres R, V, B et A sont généralement codés sous 8 bits et peuvent ainsi présenter une intensité allant de 0 à 255.

L'étape S2 est une étape classique de transfert des  
20 deux fichiers photo dans un ordinateur, généralement un micro-ordinateur, avec stockage éventuel dans le disque dur. Le micro-ordinateur, sous la gouverne d'un programme approprié, transfère les points image des deux photographies dans un espace mathématique à trois dimensions. On  
25 considérera ici et dans ce qui suit que cet espace mathématique est un système à coordonnées sphériques d'axes Oxyz, qui constitue la solution préférée pour la mise en œuvre de l'invention. Toutefois, il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que la présente invention n'est pas limitée  
30 à cet exemple et peut aussi être mise en œuvre avec d'autres systèmes de coordonnées à trois dimensions, par exemple cylindrique, cartésien, etc..

Ainsi, les points image RVBA de chaque photographie sont transformés au cours de l'étape S2 en points image codés  
35 RVBA( $\phi, \theta$ ),  $\phi$  étant la latitude d'un point calculée relativement à l'axe Ox dans le plan vertical Oxz, et  $\theta$  la longitude d'un point calculée relativement à l'axe Ox dans le plan horizontal Oxy. Les angles  $\phi$  et  $\theta$  sont codés par exemple

sur 4 à 8 octets (norme IEEE). Par convention, l'axe 0x est calé sur le centre de la photographie, comme cela est illustré sur la figure 8. Au terme de l'étape S3, on dispose ainsi de deux images en demi-sphères.

5 L'étape S3 de formation de l'image panoramique totale consiste à assembler les deux demi-sphères par addition des points image qui les constituent, et fusion éventuelle des zones de recouvrement si les photographies initiales ont été prises avec un angle de prise de vue supérieur à  $180^\circ$ . Avant  
10 l'assemblage, l'une des deux demi-sphères est pivotée de  $180^\circ$  autour de l'axe Oz en incrémentant l'angle  $\theta$  des points image d'une valeur égale à  $\pi$ , de sorte qu'une demi-sphère comprend des points image d'une longitude comprise entre  $-\pi/2$  et  $\pi/2$  tandis que l'autre demi-sphère comprend des points image  
15 d'une longitude comprise entre  $\pi/2$  et  $3\pi/2$ .

De façon classique, l'étape S3 peut également comprendre la création de zones actives dans l'image panoramique obtenue, et de liens hyper-ancres reliant les zones actives à d'autres images panoramiques sphériques.

20 a - Orientation de l'image panoramique (étape S4)

On suppose ici que les deux photographies panoramiques initiales ont été réalisées au moyen du dispositif support décrit plus haut équipé de sa boussole 40, ou au moyen d'une tête panoramique classique équipée conformément à l'invention  
25 d'une boussole coaxiale à l'axe de rotation du plan nodal. Dans ces conditions, comme illustré en figure 10A, l'image sphérique PI1 obtenue comprend au voisinage de son pôle sud une zone de cadran 460 qui correspond au cadran 46 décrit plus haut. La zone de cadran 460 occupe un secteur de sphère  
30 délimité par deux parallèles P1 et P2, correspondant à la forme annulaire du cadran 46 transposée dans l'espace sphérique. Le parallèle P1 présente une latitude  $\phi_1$  et le parallèle P2 une latitude  $\phi_2$ . Dans le secteur de sphère 460, qui est par exemple de couleur jaune fluorescent comme  
35 proposé plus haut, se trouve un repère d'orientation 461 qui doit être détecté et qui présente une longitude  $\theta_N$  dans le plan horizontal 0xy. La détermination de cet angle  $\theta_N$

constitue l'objectif essentiel de l'étape S4 et du procédé d'orientation selon l'invention.

En pratique, le repère d'orientation 461 peut correspondre à la moitié nord de l'aiguille 44 de la boussole et être de couleur rouge, ou correspondre à la languette 50 et être de couleur verte. Si l'on se réfère au "mode d'emploi" proposé plus haut, la présence de la languette signifie que l'utilisateur a décidé d'utiliser la languette comme repère d'orientation et de ne pas la dissimuler. La 5 détection de la languette doit donc être prioritaire sur la 10 détection de l'aiguille de la boussole.

L'étape S4 peut être mise en œuvre au moyen de divers algorithmes d'analyse d'image dont la conception est en soi à la portée de l'homme de l'art. Selon un aspect de 15 l'invention, on propose un procédé d'une grande simplicité comprenant tout d'abord une étape de recherche de la zone de cadran 460, visant à déterminer les angles  $\phi_1$  et  $\phi_2$ , puis une étape de recherche du repère d'orientation 461 dans la zone de cadran 460.

#### 20 a.1 - Recherche de la zone de cadran

La détection des angles  $\phi_1$  et  $\phi_2$  est assurée en balayant un quart de sphère en latitude, depuis le pôle sud ( $\phi = -\pi/2$ ) jusqu'à l'équateur ( $\phi = 0$ ). Le balayage est effectué en suivant un méridien de référence de longitude  $\theta_0$ , par 25 exemple le méridien M1 de longitude zéro représenté en figure 10A, qui correspond au centre de la photographie. Le centre du cadran de la boussole ayant été choisi de couleur noire, la détection de l'angle  $\phi_1$  consiste à détecter une transition du noir au jaune fluorescent et la détection de  $\phi_2$  consiste à 30 détecter une transition du jaune fluorescent à une autre couleur que le jaune fluorescent. On définit ainsi une fonction "couleur" qui consiste par exemple en une combinaison pondérée des couleurs R, V, B de chaque point image, les paramètres de pondération étant choisis en 35 fonction de la couleur du cadran pour obtenir une sensibilité de détection maximale.

L'algorithme 1 figurant en annexe fait partie intégrante de la description et décrit la mise en œuvre de



cette étape du procédé de l'invention. Les annotations entre parenthèses sont des commentaires explicatifs et ne font pas partie de l'algorithme. On notera que cet algorithme prévoit le cas où le cadran de la boussole ne serait pas trouvé, de manière qu'un logiciel exécutant l'algorithme puisse désactiver de lui-même la fonction "orientation de l'image" si l'utilisateur a réalisé des photographies sans boussole ou autre moyen d'orientation.

10 a.2 - Recherche du repère d'orientation et orientation de l'image

Les angles  $\phi_1$  et  $\phi_2$  étant trouvés, il reste à trouver le repère d'orientation 461 dans la zone de cadran comprise entre les parallèles P1 et P2 afin de déterminer l'angle  $\theta_N$ . Cette recherche est faite ici en maintenant constant l'angle  $\phi$  et en faisant le tour de la sphère dans le sens de la longitude, de  $-\pi$  à  $+\pi$ . La recherche est faite sur un parallèle intermédiaire P12 situé au centre de la zone de cadran entre les parallèles P1 et P2, d'une latitude  $\phi_{12}$  égale à  $(\phi_1 + \phi_2)/2$ . Comme indiqué plus haut, la priorité est donnée à la détection de la languette dont la présence signifie que l'utilisateur a choisi de ne pas utiliser la boussole.

L'algorithme 2 figurant en annexe fait partie intégrante de la description et décrit la mise en œuvre de cette deuxième étape du procédé d'orientation selon l'invention. Le sous-programme appelé "autre tentative" permet d'envisager le cas où la couleur de référence lue au point où commence le balayage (ici le point d'angle  $-\pi$  sur le méridien M12) serait la couleur du repère d'orientation, ce qui signifierait que la recherche a par coïncidence été entamée à l'endroit où se trouve la languette ou l'aiguille de la boussole.

Une fois l'angle  $\theta_N$  trouvé et mémorisé, l'orientation des axes Ox et Oz de l'image numérique est connue et l'on dispose ainsi d'une image orientée.

Dans une variante de réalisation, tous les points image de la sphère peuvent ensuite être recalés en orientant l'axe Ox sur le repère. Dans ce cas, l'angle  $\theta_N$  devient égal à 0

après recalage. Cette variante de réalisation qui nécessite du temps de calcul supplémentaire est optionnelle en pratique, la mémorisation de l'angle  $\theta_N$  étant suffisante pour conférer à l'image panoramique une orientation qui fait  
5 défaut dans l'art antérieur.

L'utilité d'une telle orientation d'une image panoramique numérique apparaîtra par la suite, lorsque l'on décrira un procédé d'affichage d'images panoramiques faisant intervenir l'angle  $\theta_N$ .

10 Il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que le procédé qui vient d'être décrit est susceptible de diverses variantes et modes de réalisation, tant en ce qui concerne les étapes d'insertion d'un repère d'orientation dans l'image initiale, qu'en ce qui concerne le procédé de détection du  
15 repère d'orientation dans l'image panoramique obtenue après numérisation de l'image initiale

Ainsi, dans une variante de réalisation, l'aiguille et le cadran de la boussole sont remplacés par un disque magnétique sensible au champ magnétique terrestre, présentant  
20 sur sa face supérieure une couleur déterminée et une ou plusieurs graduations indiquant un ou plusieurs points cardinaux.

Si plusieurs graduations sont prévues pour l'inscription dans l'image initiale de divers repères  
25 d'orientation, de telles graduations peuvent également être codées par leur forme plutôt que par leur couleur, par exemple par un nombre de traits noirs parallèles qui diffèrent selon la graduation considérée.

De façon générale, tout moyen permettant d'inscrire un  
30 repère d'orientation sur une image initiale destinée à être numérisée comme décrit ci-dessus peut, selon l'invention, être prévu.

#### b - Correction de la teinte (étape S5)

On suppose ici que les deux photographies panoramiques  
35 initiales ont été réalisées au moyen du dispositif support décrit plus haut équipé de la pièce d'étalonnage de couleurs 60, ou au moyen d'une tête panoramique classique équipée conformément à l'invention d'une pièce d'étalonnage de

couleurs coaxiale à l'axe de rotation du plan nodal. Dans ces conditions, comme illustré en figure 10B, l'image sphérique P11 obtenue comprend au voisinage de son pôle sud une zone d'étalonnage de couleurs 600 qui correspond à la pièce  
5 d'étalonnage 60. La zone d'étalonnage 600 occupe un secteur de sphère délimité par le parallèle P2, de latitude  $\phi_2$ , et un parallèle P3 de latitude  $\phi_3$ . Notons que l'angle  $\phi_2$  est connu et a été déterminé au cours de l'étape S4, la pièce d'étalonnage de couleurs étant agencée ici à la périphérie du  
10 cadran de la boussole. Par ailleurs, le secteur de sphère 600 comprend des séquences de couleurs primaires R,V,B dont l'intensité originelle sur la pièce d'étalonnage 60 est connue et sera désignée Iref. Les couleurs étant codées sur 8 bits, soit une échelle d'intensité de couleurs allant de 0 à  
15 255, l'intensité originelle Iref est ici de l'ordre de 127 puisque l'on a proposé plus haut de prévoir des couleurs primaires semi-saturées (50%).

Le procédé de correction de teinte selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- 20 - une étape de détection de la zone d'étalonnage de couleurs 600 dans l'image panoramique,
- une étape de détermination du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de couleurs, faite en référence à l'intensité de couleur de référence Iref attribuée à chaque  
25 couleur primaire, ici la valeur 127,
- une étape de correction de gamma appliquée à tout ou partie des points image de l'image panoramique numérique, réalisée au moyen du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de couleurs.

#### 30 b.1 - Détection de la zone d'étalonnage

Cette étape consiste ici à déterminer les angles  $\phi_2$  et  $\phi_3$  des parallèles P2 et P3, et se résume ici à une détection de l'angle  $\phi_3$  puisque l'angle  $\phi_2$  est connu. L'angle  $\phi_3$  est déterminé par un algorithme de détection de transition de  
35 couleur reposant sur le même principe que l'algorithme 1, qui ne sera pas décrit ici dans un souci de simplicité. La pièce d'étalonnage 60 étant pourvue à sa périphérie d'une mince bande noire 62 (figure 6), la détection de l'angle  $\phi_3$

consiste à détecter une chute d'intensité de couleur en balayant la sphère en latitude à partir de l'angle  $\phi_2$ , par exemple en suivant le méridien M1.

#### b.2 - Calcul du gamma et correction de gamma

5 L'étape de calcul du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage 600 et l'étape de correction de gamma sont effectuées au moyen de formules mathématiques en soi classiques. Ce qui distingue le procédé selon l'invention de  
10 l'art antérieur, c'est que ces étapes sont réalisées au moyen d'une référence de couleur commune à toutes les photographies. La correction de teinte effectuée est ainsi constante d'une image panoramique à l'autre, de sorte que les variations de teinte constatées dans l'art antérieur sont supprimées par le procédé de l'invention.

15 Pour le calcul du gamma, on effectue tout d'abord un calcul de la valeur moyenne "r", "v", "b" des couleurs primaires de la zone d'étalonnage. Il faut en effet tenir compte des variations d'éclairage sur les diverses parties de la pièce d'étalonnage au moment où les photographies  
20 initiales sont prises. De plus, comme les conditions de prise de vue diffèrent selon que l'on se trouve face au soleil ou dos au soleil et, pour les photographies effectuées en intérieur, en fonction des sources de lumière présentes, un calcul de l'intensité moyenne des couleurs primaires sur  
25 l'ensemble de la zone d'étalonnage s'avèrerait peu précis. La sphère est ainsi divisée en plusieurs secteurs dans le sens de la longitude et la correction de teinte est assurée secteur par secteur, en effectuant dans chaque secteur un calcul de la valeur moyenne des couleurs primaires, un calcul  
30 du gamma des couleurs primaires et une correction de gamma.

Dans une approximation suffisante pour l'obtention d'une correction de teinte satisfaisante et homogène, la sphère est divisée en deux demi-sphères correspondant chacune à l'une des photographies panoramiques initiales.

35 L'algorithme 3 figurant en annexe fait partie intégrante de la description et décrit la mise en oeuvre du procédé selon l'invention avec une sectorisation de l'image limitée à deux demi-sphères. La zone d'étalonnage 600 (fig.

10B) est lue en suivant un parallèle P23 se situant à mi-chemin entre les parallèles P2 et P3 et présentant une latitude  $\phi_{23}$  égale à  $(\phi_2 + \phi_3)/2$ .

L'application de cet algorithme à diverses images  
5 panoramiques permet d'uniformiser la teinte de toutes les images, le résultat visé étant ainsi atteint.

Il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que le procédé qui vient d'être décrit est susceptible de diverses variantes et modes de réalisation, tant en ce qui concerne la  
10 méthode retenue pour insérer dans l'image initiale une zone d'étalonnage de couleurs qu'en ce qui concerne les étapes de détection de la zone d'étalonnage et de correction de la teinte.

De façon générale, tout moyen permettant l'insertion  
15 d'une zone d'étalonnage de couleurs dans une image initiale destinée à être transformée en une image panoramique numérique peut, selon l'invention, être prévu.

Enfin, bien que l'on ait choisi plu haut, dans un souci de simplicité, une intensité de couleur de référence  $I_{ref}$  qui  
20 est identique pour chaque couleur, il va de soi et il découle des formules figurant dans l'algorithme 3 décrit en Annexe qu'une intensité déterminée  $I_{ref}(R)$ ,  $I_{ref}(V)$ ,  $I_{ref}(B)$  peut être choisie pour chaque couleur primaire R, V, B.

### 25 III - Description d'un procédé d'affichage d'une image orientée selon l'invention

#### a - Principes généraux du procédé selon l'invention

Comme cela a été exposé au préambule, l'inconvénient des procédés de visite virtuelle classiques est que le secteur initial de l'image panoramique affiché sur l'écran  
30 est figé, le "secteur d'image initial" étant le secteur d'image présenté sur l'écran lorsque l'observateur pénètre dans l'image. Pour pallier cet inconvénient, il est nécessaire dans l'art antérieur de prévoir un chaînage complexe des images panoramiques nécessitant dans la plupart  
35 des cas une topographie précise des lieux.

Grâce au procédé d'orientation décrit plus haut, on dispose ici d'images panoramiques orientées dans lesquelles l'angle  $\theta_N$  entre le repère d'orientation et l'axe  $Ox$  est

connu. Cet angle est déterminé pour chaque image panoramique traitée, de sorte que les diverses images traitées possèdent une référence d'orientation commune. Selon l'invention, cette référence d'orientation commune est utilisée lors d'une  
5 visite virtuelle pour définir de façon dynamique, au moment de l'entrée dans une image panoramique, une orientation qui n'est pas figée comme dans l'art antérieur mais qui dépend de la position "position du regard" de l'observateur au moment où il quitte l'image précédente.

10 Le procédé selon l'invention sera mieux compris en se référant aux figures 11A et 11B, qui représentent deux exemples d'entrée dans une image panoramique SE1 à partir de deux images panoramiques différentes SE2 et SE3. On considère ici à titre d'exemple que l'image panoramique SE1 représente  
15 une pièce R1 contiguë à une pièce R2 et contiguë à une pièce R3. La pièce R2 est représentée par l'image panoramique SE2 et la pièce R3 représentée par l'image panoramique SE3. Les pièces R1 et R2 communiquent par une porte D1 et les pièces R1 et R3 communiquent par une porte D2. Les images  
20 panoramiques SE1, SE2, SE3 sont représentées à plat dans le plan horizontal, sous forme de cercles. Dans une région correspondant (après projection sur le cercle) à la porte D1, l'image SE2 comporte une zone active associée à un lien hyper-ancree la rattachant à l'image SE1 (et réciproquement).  
25 Dans une région correspondant à la porte D2, l'image SE3 comporte une zone active associée à un lien hyper-ancree la rattachant à l'image SE1 (et réciproquement).

Considérons maintenant en référence à la figure 11A que l'observateur se trouve "dans" l'image SE2 et clique, au  
30 moyen d'un pointeur d'écran, sur la zone active correspondant à la porte D1. L'image suivante affichée est ainsi l'image SE1. Selon l'invention, on détermine dans l'image SE2 un angle de référence  $\theta_{ref}$  qui représente l'angle entre la "position du regard" de l'observateur et le repère  
35 d'orientation. La "position du regard" de l'observateur est l'axe passant par le centre  $O_2$  de l'image SE2 et le point image  $P_i$  de la zone active qui a été sélectionné par

l'observateur pour basculer dans l'image suivante. L'angle  $\theta_{ref}$  est donné par la relation suivante :

$$(1) \theta_{ref} = \theta_{pi} + \theta_{N2}$$

5

dans laquelle  $\theta_{N2}$  est l'angle entre l'axe Ox de l'image SE2 et le repère d'orientation, par exemple le nord N,  $\theta_{pi}$  étant la longitude du point Pi dont les coordonnées sont  $\phi_{pi}$  et  $\theta_{pi}$ .

Selon l'invention, on calcule ensuite un angle  $\theta_{pi}'$   
10 selon la relation suivante :

$$(2) \theta_{pi}' = \theta_{ref} - \theta_{N1}$$

dans laquelle  $\theta_{N1}$  est l'angle entre l'axe Ox de l'image SE1 et  
15 le repère d'orientation N. L'angle trouvé  $\theta_{pi}'$  définit dans l'image SE1 un ensemble de points de même orientation.

On choisit ensuite un angle  $\phi_0$  de valeur arbitraire, par exemple l'angle zéro, qui définit avec l'angle  $\theta_{pi}'$  un point Pi' de coordonnées  $\phi_0$ ,  $\theta_{pi}'$  dans l'image SE1.

20 Lorsque l'image SE1 est affichée à l'écran (l'écran étant référencé SCR et repéré par un trait épais sur le cercle SE1), le secteur initial présenté à l'écran est un secteur de l'image SE1 dont le point central est le point Pi'. Le point central Pi' du secteur initial SCR correspond  
25 au point central de l'écran puisque le secteur initial occupe la totalité de l'écran. Le terme "écran" désigne ici la fenêtre d'affichage du secteur d'image panoramique, cette fenêtre pouvant en pratique n'occuper qu'une partie du "vrai" écran que l'observateur a devant lui.

30 On voit que le point Pi' forme, avec le centre  $O_1$  de l'image SE1, un axe présentant un angle  $\theta_{ref}$  avec le repère d'orientation, de sorte que la "position du regard" offerte à l'observateur quand il entre dans l'image SE1 est identique à la "position du regard" de l'observateur lorsqu'il quitte  
35 l'image SE2.

L'angle  $\phi_0$  du point central Pi' étant ici égal à 0, le basculement d'une image à l'autre remet à l'horizontale la "position du regard". Dans une variante de réalisation,

l'angle  $\phi_0$  est choisi égal à l'angle  $\phi_{pi}$  du point  $P_i$  de sortie de l'image précédente, de sorte que l'observateur pénètre dans l'image SE1 avec un angle d'observation qui correspond, relativement au plan vertical, à celui qu'il  
5 avait dans l'image SE2.

Dans une variante de réalisation, on définit un secteur angulaire centré sur l'angle  $\theta_{pi}$  et délimité par deux valeurs  $\theta_{pi} - \theta_1/2$  et  $\theta_{pi} + \theta_1/2$ , l'angle " $\theta_1$ " correspondant à l'angle de vision offert par l'écran dans le plan horizontal.  
10 On affiche ensuite à l'écran l'ensemble des points ayant un angle  $\theta$  appartenant à ce secteur angulaire, en définissant comme précédemment un angle  $\phi_0$  de pénétration dans le plan vertical et un secteur correspondant compris entre  $\phi_0 - \phi_1/2$  et  $\phi_0 + \phi_1/2$ , " $\phi_1$ " étant l'angle de vision offert par l'écran dans  
15 le plan vertical.

La figure 11B illustre une entrée dans l'image SE1 à partir de l'image SE3 et montre que le procédé de l'invention a pour effet de modifier de façon automatique le secteur initial affiché sur l'écran. Ici, la "position du regard"  
20 dans le plan horizontal est l'axe  $[O, P_i)$  déterminé par le centre  $O_3$  de l'image SE3 et un point  $P_i$  sélectionné par le pointeur d'écran sur la zone active (appartenant ici à la porte D2). L'angle  $\theta_{ref}$  est de ce fait différent de sa valeur précédente et le secteur d'image SCR présenté à l'écran est  
25 orienté à l'Ouest alors qu'il était orienté sensiblement au Nord dans l'exemple de la figure 11A.

Le procédé selon l'invention est bien entendu susceptible de diverses variantes de réalisation. Dans ce qui précède, on a choisi par convention d'entrer dans une image  
30 en conservant la "position du regard" de l'observateur. Diverses autres méthodes de détermination dynamique du secteur initial peuvent être prévues tout en restant dans le cadre de la présente invention, c'est-à-dire en utilisant le repère d'orientation comme moyen de référence pour la  
35 détermination du secteur initial.

#### **b - Mise en œuvre du procédé**

La figure 12 est un organigramme décrivant les principales étapes d'un procédé de visite virtuelle selon



l'invention. A l'instar des procédés d'orientation de correction de teinte décrits ci-dessus, ce procédé est exécuté par un ordinateur ou un micro-ordinateur auquel on fournit un programme comprenant des algorithmes de traitement  
5 d'image, ce programme étant par exemple enregistré sur un CD-ROM ou téléchargeable sur le réseau Internet.

La visite virtuelle commence au cours d'une étape 100 par la sélection d'une première image panoramique  $IP_N$  de rang  $N=i$ , qui est chargée dans une mémoire tampon du micro-  
10 ordinateur au cours d'une étape 110. Cette première image peut être imposée à l'observateur ou être choisie par ce dernier. Au cours d'une étape 120, le micro-ordinateur teste un drapeau " $POS_i$ " qui lui indique si un angle  $\theta_{ref}$  de "position du regard" a été défini pour cette image. Si le  
15 drapeau  $POS_i$  est égal à 1, le micro-ordinateur procède à un affichage orienté de l'image au cours d'une étape 130A. Si le drapeau  $POS$  est égal à 0, le micro-ordinateur procède à un affichage non orienté de l'image au cours d'une étape 130B.

L'affichage orienté de l'image à l'étape 130A consiste  
20 tout d'abord à calculer l'angle  $\theta_{pi}$  du point central du secteur initial en fonction de l'angle de référence  $\theta_{ref}$  et de l'angle  $\theta_N$ , conformément à la relation (1) décrite plus haut. Ensuite, le micro-ordinateur sélectionne le secteur d'image dont le point central présente les coordonnées  $(\phi_0,$   
25  $\theta_{pi})$  et l'affiche à l'écran.

L'affichage non orienté de l'étape 130B est effectué conformément à l'art antérieur, le point central du secteur initial étant un point de coordonnées  $\phi_0, \theta_0$  dont l'angle  $\theta_0$  est arbitraire.

30 Après l'étape 130A ou 130B de détermination du point d'entrée dans l'image panoramique, le micro-ordinateur reste à l'intérieur d'une boucle de gestion d'interactivité en soi classique, comprenant des étapes 140, 150 et 160, qui permet  
à l'observateur de déplacer l'image vers le haut, vers le  
35 bas, à gauche ou à droite au moyen d'un curseur d'écran ou de son clavier, les actions de l'observateur générant un signal d'interactivité qui détermine le déplacement de l'image dans la fenêtre d'observation.

Ainsi, au cours de l'étape 140, le micro-ordinateur détermine si le signal d'interactivité est présent. Si le signal d'interactivité est présent, le micro-ordinateur bascule dans l'étape 150 où il fait glisser l'image dans  
5 l'écran en fonction du signe et/ou de la valeur du signal d'interactivité, puis passe à l'étape 160 où il détermine si une zone active a été sélectionnée ou non. Si le signal d'interactivité n'est pas présent, le micro-ordinateur passe directement à l'étape de test 160. Après l'étape de test 160,  
10 et si aucune zone active n'est sélectionnée, le micro-ordinateur revient à l'étape 140.

La boucle 140-160 ou 140-150-160 est rompue lorsqu'une zone active est sélectionnée. Le micro-ordinateur bascule alors dans une étape 170 où il calcule l'angle de référence  
15  $\theta_{ref}$  conformément à la relation (1) décrite plus haut, l'angle  $\theta_{ref}$  correspondant à la "position du regard" de l'observateur, puis mémorise l'angle  $\theta_{ref}$ .

Au cours d'une étape 180, le micro-ordinateur détermine l'image de rang  $j$  qui est désigné par le lien hyper-ancré associé à la zone active sélectionnée, met à 1 le drapeau  
20  $POS_j$  de l'image de rang  $j$  et revient à l'étape 100 pour le chargement de l'image  $IP_{N-j}$ . Le drapeau  $POS$  ayant été mis à 1 avant le chargement de l'image, l'affichage du secteur initial de la nouvelle image se fait de façon orientée au  
25 cours de l'étape 130A.

#### **c - Application de l'invention à la vidéosurveillance**

Le procédé d'affichage qui vient d'être décrit, ainsi que le procédé d'orientation d'image sur lequel il est basé, sont susceptibles d'applications dans d'autres domaines que  
30 celui de la photographie numérique.

A titre d'exemple, la figure 13 représente un système de vidéosurveillance comprenant des caméras vidéo VC1, VC2, VC3, ...VCn équipées de capteurs d'image numériques de type CCD. Les caméras sont reliées à un ordinateur central 70  
35 agencé dans un centre de surveillance et pourvu au moins d'un écran.

Notons ici que l'inconvénient des systèmes de vidéosurveillance classiques est que les diverses caméras

doivent être montées sur des axes motorisés pilotés à distance, afin d'élargir le champ de surveillance et de pouvoir scruter les divers recoins d'un lieu à surveiller.

Ici, les caméras vidéo V1, VC2, VC3..VCn sont équipées d'objectifs panoramiques PL1, PL2, PL3,...PLn offrant un angle de vision de préférence égal ou supérieur à 180°. Les diverses images I1, I2, I3,...In délivrées par les caméras sont traitées en temps réel par l'ordinateur central en appliquant l'étape classique de numérisation S2 (figure 9) par transfert dans un système de coordonnées à trois dimensions. Les images sont présentées à l'écran soit simultanément, soit par sélection d'une caméra parmi les n-1 caméras disponibles.

L'avantage de ce procédé de vidéosurveillance est qu'il permet de procéder à une scrutation des lieux en faisant simplement glisser le secteur d'image présenté à l'écran. Cette méthode est équivalente à celle qui consiste à faire pivoter une caméra autour d'un axe mais présente l'avantage d'une importante économie de moyens puisque les axes motorisés des caméras et les moyens de commande à distance des axes motorisés ne sont plus nécessaires. De plus, les opérations de maintenance du parc de caméras en sont considérablement simplifiées.

Selon l'invention, chaque caméra est en outre équipée d'un moyen d'orientation 40.1, 40.2, 40.3...40.n, par exemple une boussole du type décrit plus haut, qui est agencé dans le champ de prise de vue des objectifs grand angle PL1 à PLn. Chaque image reçue par l'ordinateur central 70 est orientée en temps réel conformément à l'étape S4 décrite plus haut, et les transitions d'une image à l'autre sont traitées en tenant compte de l'angle  $\theta_n$  conformément au procédé illustré en figure 12.

En pratique, l'application du procédé de l'invention peut être limitée ici aux transitions entre deux images délivrées par deux caméras différentes. En effet, les images panoramiques délivrées par la même caméra, bien que rafraîchies en permanence, conservent la même orientation. Par contre, l'application du procédé de l'invention à la

transition entre deux images fournies par des caméras différentes procure un grand confort d'utilisation et permet par exemple de "suivre" sans perte d'orientation une personne traversant plusieurs champs de surveillance, en passant d'une  
5 caméra à l'autre. Le procédé selon l'invention peut également être mis en œuvre lorsque les images délivrées par les caméras sont affichées simultanément sur un ou sur plusieurs écrans, par exemple pour orienter simultanément et dans la même direction tous les secteurs d'images.

10 Dans un tel système de vidéosurveillance, les objectifs panoramiques des caméras peuvent également être équipés d'une pièce d'étalonnage de couleurs, et l'étape de correction de teinte S5 décrite plus haut peut être appliquée aux images panoramiques issues des images vidéo délivrées par les  
15 caméras.

## ANNEXE

(Faisant partie intégrante de la description)

## Algorithme 1 :

5 Définitions :  
fonction "couleur( $\varphi$ ,  $\theta$ )" =  $f(R,V,B)$  au point ( $\varphi$ ,  $\theta$ )  
 $\varepsilon$  = constante > 0 (incrément de balayage)  
continuer=VRAI

10 seuil S1 = constante > 0 (S1 : seuil de détection d'une  
variation de couleur)  
 $\theta_0$  = constante ( $\theta_0$  définit le méridien M1 de recherche)  
 $\theta = \theta_0$  (la recherche va s'effectuer sur le méridien M1)  
Cref1 = couleur( $-\pi/2$ ,  $\theta_0$ ) (Cref1 est la couleur de référence  
15 au pôle sud de l'image (ici du noir), sur le méridien M1)  
 $\varphi = -\pi/2$   
(recherche de  $\varphi_1$  pour  $\varphi$  allant de  $-\pi/2$  à 0 :)  
Tant que continuer=VRAI faire  
c = couleur( $\varphi$ ,  $\theta_0$ )

20 Si différence entre c et Cref1 > S1  
Alors  $\varphi_1 = \varphi$  et continuer=FAUX  
Sinon  $\varphi = \varphi + \varepsilon$   
Fin si  
Si  $\varphi > 0$  (balayage de  $\varphi = -\pi/2$  à 0 terminé,  $\varphi_1$  non trouvé)

25 Alors aller à <résultat 1>  
Fin si  
Fin Tant que  
(recherche de  $\varphi_2$  pour  $\varphi$  allant de  $\varphi_1$  à 0 :)  
Cref2 = couleur( $\varphi_1$ ,  $\theta_0$ ) (couleur de référence du cadran en  $\varphi_1$   
30 (ici du jaune))  
continuer=VRAI  
Tant que continuer=VRAI faire  
c = couleur( $\varphi$ ,  $\theta_0$ )  
Si différence entre c et p2 > S1

35 Alors  $\varphi_2 = \varphi$  et continuer=FAUX  
Sinon  $\varphi = \varphi + \varepsilon$   
Fin si  
Si  $\varphi > 0$

```

Alors aller à <résultat 1>
Fin si
Fin tant que
Aller à <résultat 2>
5 <résultat 1>
  "Cadran boussole non trouvé"
  Aller à <fin>
  <résultat 2>
  Mémorisation de  $\phi_1$  et  $\phi_2$ 
10 <fin>

```

\*\*\*

#### Algorithme 2 :

```

15 Définitions :
  Fonction "couleur( $\phi$ ,  $\theta$ )" = f(R,V,B) au point ( $\phi$ ,  $\theta$ )
   $\varepsilon$  = constante > 0
  "couleur languette" = constante
20 seuil S3 = constante > 0 (seuil détection languette ou
  aiguille)
  seuil S4 = constante > 0 (seuil détection languette)
   $\theta_1$  =  $-\pi$  (angle initial de choix de la couleur de référence
  Cref)
25  $\theta$  =  $-\pi$  (angle initial de recherche languette ou aiguille)
   $\phi_{12}$  =  $(\phi_1 + \phi_2)/2$  (parallèle P12 de recherche languette ou
  aiguille)
  <boucle 1> (recherche pour  $\theta$  allant de  $-\pi$  à  $+\pi$ )
  Cref = couleur( $\phi_{12}$ ,  $\theta_1$ ) (couleur de référence à  $\theta_1$ )
30 c = couleur( $\phi_{12}$ ,  $\theta$ ) (couleur testée)
  si différence entre c et Cref > S3
  alors aller à <détermination> (quelque chose a été trouvé)
  sinon  $\theta = \theta + \varepsilon$ 
  si  $\theta > \pi$ 
35 aller à <autre tentative>
  sinon retour à <boucle 1>
  <détermination> (détermination languette ou aiguille
  boussole)

```

$\theta_N = \theta$  (angle  $\theta_N$  du repère d'orientation trouvé)  
 si différence entre couleur( $\phi_{12}$ ,  $\theta_N$ ) et "couleur languette" <  
 S4  
 alors aller à <résultat 2>  
 5 sinon aller à <résultat 3>  
 <autre tentative>  
 $\theta_1 = \theta_1 + \varepsilon$  (autre choix de couleur de référence)  
 si  $\theta_1 > \pi$  aller à <résultat 1>  
 sinon  $\theta = -\pi$  et aller à <boucle 1>  
 10 <résultat 1>  
 "aucun repère d'orientation trouvé, image non orientée"  
 <résultat 2>  
 "languette trouvée"  
 <résultat 3>  
 15 "aiguille boussole trouvée "  
 mémorisation de  $\theta_N$   
 <fin>

\*\*\*

20

### Algorithme 3 :

Définitions :  
 $R(D(\phi, \theta))$  = composante rouge du point image  $D(\phi, \theta)$   
 25  $V(D(\phi, \theta))$  = composante verte du point image  $D(\phi, \theta)$   
 $B(D(\phi, \theta))$  = composante bleue du point image  $D(\phi, \theta)$   
 Seuil S5 = constante > 0 (seuil détection du rouge, du vert  
 ou du bleu)  
 $\phi = \phi_{23} = (\phi_2 + \phi_3)/2$  (lecture de la zone d'étalonnage selon  
 30 le parallèle P23)  
 $\varepsilon$  = constante > 0 (incrément de lecture en latitude  $\theta$ )  
 $I_{ref} = 127$  (intensité de référence des couleurs primaires sur  
 la pièce d'étalonnage)  
 <début >  
 35 APPEL FONCTION « TRAITEMENT DEMI-SPHERE », avec :  
 début =  $-\pi/2$   
 fin =  $\pi/2$   
 APPEL FONCTION « TRAITEMENT DEMI-SPHERE », avec :

```
début =  $\pi/2$ 
fin =  $3\pi/2$ 
< fin >
FONCTION « TRAITEMENT DEMI-SPHERE » (paramètres = début, fin)
5   $\theta$  = début (angle initial de balayage de la zone d'étalonnage)
   r = 0, v = 0, b = 0 ("r", "v" et "b" valeurs moyennes du
   rouge, du vert et du bleu sur la zone d'étalonnage)
   NR = 0, NV = 0, NB = 0 (NR, NV, NB : paramètres de calcul des
   valeurs moyennes r, v ,b)
10 <lecture de la zone d'étalonnage>
   Si R(D( $\varphi$ ,  $\theta$ )) > S5
   aller à <addition des points rouge>
   Si V(D( $\varphi$ ,  $\theta$ )) > S5
   aller à <addition des points verts>
15 Si B(D( $\varphi$ ,  $\theta$ )) > S5
   aller à <addition des points bleus>
   <addition des points rouges>
   r = r + R(D( $\varphi$ ,  $\theta$ ))
   NR = NR + 1
20 aller à <incrémenter>
   <addition des points verts>
   v = v + V(D( $\varphi$ ,  $\theta$ ))
   NV = NV + 1
   aller à <incrémenter>
25 <addition des points bleus>
   b = b + B(D( $\varphi$ ,  $\theta$ ))
   NB = NB + 1
   aller à <incrémenter>
   <incrémenter>
30  $\theta$  =  $\theta$  +  $\varepsilon$ 
   si  $\theta$  > fin
   aller à <calcul de l'intensité moyenne>
   sinon aller à <lecture de la zone d'étalonnage>
   <calcul de l'intensité moyenne>
35 (calcul de l'intensité moyenne r, v, b de chaque couleur
   primaire)
   r = r/NR
   v = v/NV
```



```
b = b/NB
aller à <calcul du gamma>
<calcul du gamma>
  (calcul du gamma  $\gamma_r$ ,  $\gamma_v$ ,  $\gamma_b$  de chaque couleur primaire)
5   $\gamma_r = [\log(r/255)/[\log(I_{ref}/255)]]$ 
    $\gamma_v = [\log(v/255)/[\log(I_{ref}/255)]]$ 
    $\gamma_b = [\log(b/255)/[\log(I_{ref}/255)]]$ 
  aller à <correction de la teinte>
  <correction de la teinte>
10 (correction de gamma sur tout le secteur d'image)
   pour  $\theta$  allant de début à fin
   pour  $\gamma$  allant de  $-\pi/2$  à  $+\pi/2$ 
   faire :
    $R(D(\varphi, \theta)) = 255 [R(D(\varphi, \theta))/255]^{\gamma_r}$ 
15  $V(D(\varphi, \theta)) = 255 [V(D(\varphi, \theta))/255]^{\gamma_v}$ 
    $B(D(\varphi, \theta)) = 255 [B(D(\varphi, \theta))/255]^{\gamma_b}$ 
  <FIN FONCTION>
```

REVENDICATIONS

1. Dispositif support (20, 21) d'appareil photographique (10), caractérisé en ce qu'il comprend une pièce d'étalonnage de couleurs agencée de manière à apparaître dans une prise de vue lorsqu'un appareil photographique équipé d'un objectif panoramique est fixé sur le dispositif support.
2. Dispositif support selon la revendication 1, dans lequel la pièce d'étalonnage de couleurs comprend au moins trois couleurs primaires combinées ou présentées sous forme d'une séquence de couleurs.
3. Dispositif support selon la revendication 2, dans lequel la pièce d'étalonnage de couleurs comprend une répétition d'une séquence de trois couleurs primaires (RVB).
4. Dispositif support selon la revendication 3, dans lequel la pièce d'étalonnage de couleurs comprend, entre deux séquences de trois couleurs primaires, une zone de séparation comprenant au moins une couleur choisie parmi les couleurs suivantes : le noir, le blanc et le gris.
5. Dispositif support selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la pièce d'étalonnage de couleurs est circulaire et concentrique à l'axe de rotation (3B) du dispositif support.
6. Dispositif support selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une boussole (40) et des moyens de fixation de la boussole agencés de manière que la boussole apparaisse dans une prise de vue lorsqu'un appareil photographique équipé d'un objectif panoramique est fixé sur le dispositif support.

7. Dispositif support selon la revendication 6, dans lequel la pièce d'étalonnage de couleurs est circulaire et concentrique au cadran (46) de la boussole.

5 8. Dispositif support selon la revendication 7, dans lequel la pièce d'étalonnage de couleurs est agencée à la périphérie du cadran de la boussole.

9. Dispositif support selon l'une des revendications 7  
10 et 8, dans lequel la boussole comprend un cadran de couleur artificielle destiné à être distingué des couleurs naturelles d'une prise de vue au cours d'une analyse d'image par ordinateur visant à trouver l'emplacement du cadran de la boussole.

15 10. Dispositif support selon d'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend une languette (50) de repérage d'une orientation arbitraire, dont la position peut être réglée manuellement pour faire apparaître la languette  
20 dans une prise de vue lorsqu'un appareil photographique équipé d'un objectif panoramique est fixé sur le dispositif support.

11. Dispositif selon la revendication 10, dans lequel  
25 la languette (50) s'étend au-dessus du cadran (46) d'une boussole.

12. Dispositif support selon l'une des revendications 1 à 11, comprenant des moyens de fixation d'un appareil  
30 photographique (10) équipé ou pouvant être équipé d'un premier objectif (11), et des moyens de fixation d'un objectif adaptateur (15), notamment un objectif adaptateur panoramique, agencés pour maintenir l'objectif adaptateur dans l'alignement du premier objectif sans qu'il soit  
35 nécessaire de fixer l'objectif adaptateur à l'appareil photographique.

13. Dispositif support selon la revendication 12, comprenant des moyens de rotation autour d'un axe (3B), les moyens de fixation de l'objectif adaptateur étant agencés pour maintenir l'objectif adaptateur dans une position telle que l'axe de rotation du dispositif support se trouve sensiblement dans le plan nodal de la lentille frontale (16) de l'objectif adaptateur.

14. Procédé de correction de la teinte d'une image panoramique numérique (PI1) obtenue en transférant dans un système de coordonnées à trois dimensions (Oxyz) les points image d'au moins une image initiale (65, I1, I2, I3,...In), caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape d'insertion d'une zone d'étalonnage (60) de couleurs sur l'image initiale (65, I1-In) au moment de la prise de vue, la zone d'étalonnage comprenant au moins trois couleurs primaires combinées ou présentées sous forme d'une séquence de couleurs,
- une étape de détection de la zone d'étalonnage de couleurs (600) dans l'image panoramique, faite au moyen d'un algorithme d'analyse d'image numérique, et
- une étape de correction des couleurs des points image de l'image panoramique numérique, faite en référence aux couleurs primaires présentes dans la zone d'étalonnage (600).

25

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel l'insertion d'une zone d'étalonnage de couleurs sur l'image initiale comprend le fait d'agencer une pièce d'étalonnage de couleurs (60) dans le champ de prise de vue d'un objectif panoramique (15), de manière que la pièce d'étalonnage de couleurs apparaisse sur l'image initiale (65).

16. Procédé selon l'une des revendications 14 et 15, dans lequel l'étape de correction des couleurs comprend :

- une étape de détermination du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de couleurs, faite en référence à une intensité de couleur de référence (Iref) attribuée à chaque couleur primaire, et

35

- une étape de correction de gamma appliquée à tout ou partie des points image de l'image panoramique numérique, réalisée au moyen du gamma ( $\gamma_r$ ,  $\gamma_v$ ,  $\gamma_b$ ) des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de couleurs.

5

17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel l'étape de détermination du gamma comprend un calcul de la valeur moyenne ( $r$ ,  $v$ ,  $b$ ) de l'intensité des couleurs primaires présentes dans zone d'étalonnage.

10

18. Procédé selon l'une des revendications 16 et 17, dans lequel :

- l'étape de détermination du gamma et l'étape de correction de gamma sont appliquées à des secteurs de l'image panoramique et sont répétées pour chaque secteur suivant jusqu'à couvrir l'ensemble de l'image panoramique,
- la détermination du gamma est faite pour chaque secteur au moyen des couleurs primaires de la zone d'étalonnage qui sont présentes dans le secteur considéré, et
- la correction de gamma appliquée aux points image du secteur considéré est réalisée au moyen du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage présentes dans le secteur considéré.

25

19. Procédé selon l'une des revendications 16 à 18, dans lequel la zone d'étalonnage de couleurs comprend au moins une séquence de trois couleurs primaires.

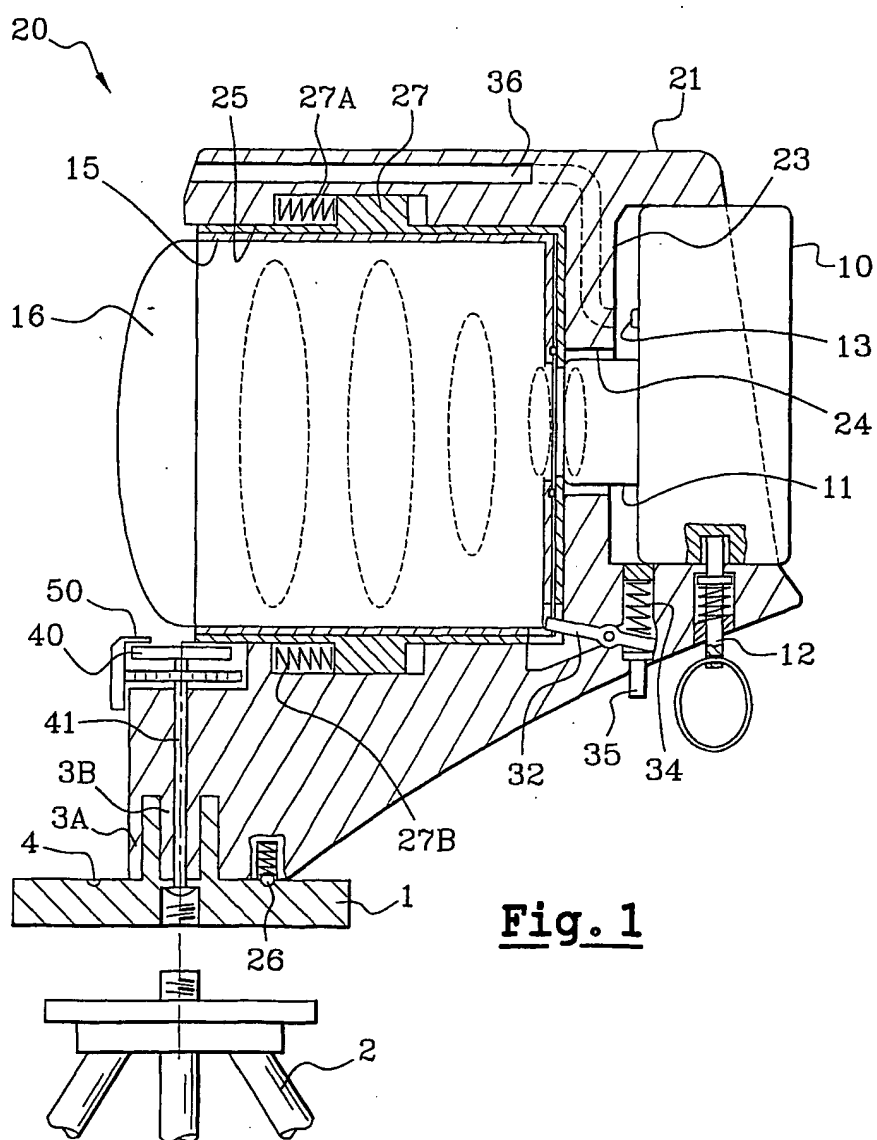
20. Procédé selon l'une des revendications 16 à 19, dans lequel :

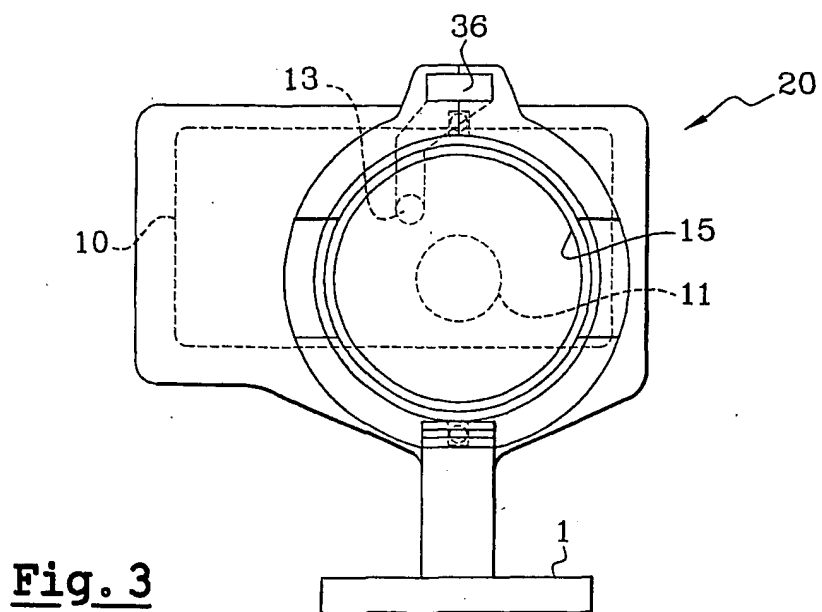
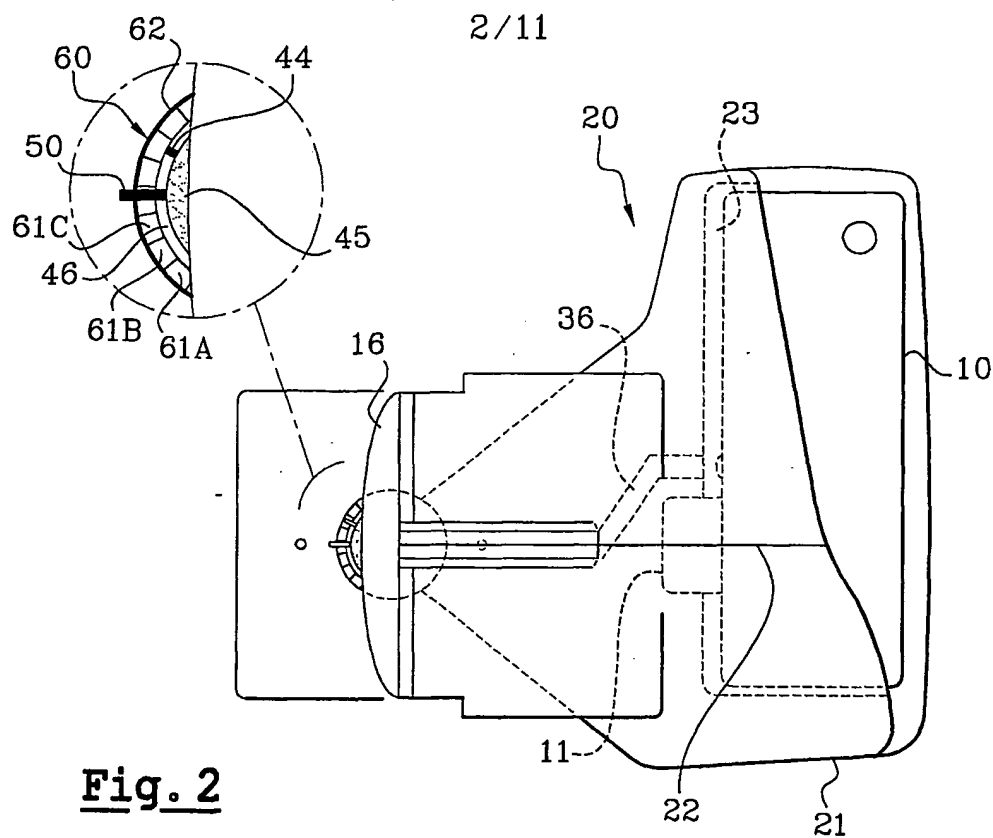
- les points image sont transférés dans un système de coordonnées sphériques,
- la zone d'étalonnage de couleurs occupe un secteur de sphère (600) dans l'image panoramique sphérique, et
- l'étape de détermination du gamma des couleurs primaires de la zone d'étalonnage de couleurs comprend un balayage angulaire du secteur de sphère comprenant la zone d'étalonnage.

21. Procédé selon l'une des revendications 14 à 20, dans lequel l'image initiale est une photographie (PI1).

- 5        22. Procédé selon l'une des revendications 14 à 20, dans lequel l'image initiale (I1, I2, I3,...In) est délivrée par une caméra vidéo (VC1, VC2, VC3,...VCn).

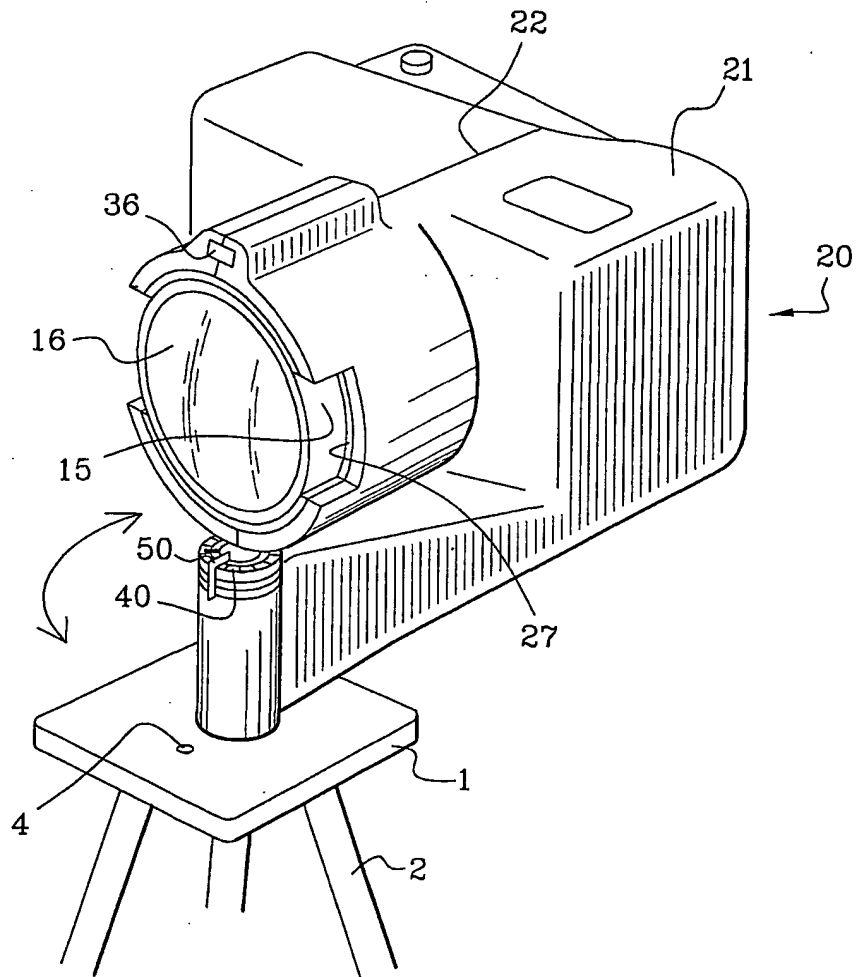
1/11

**Fig. 1**





3/11

**Fig. 4**

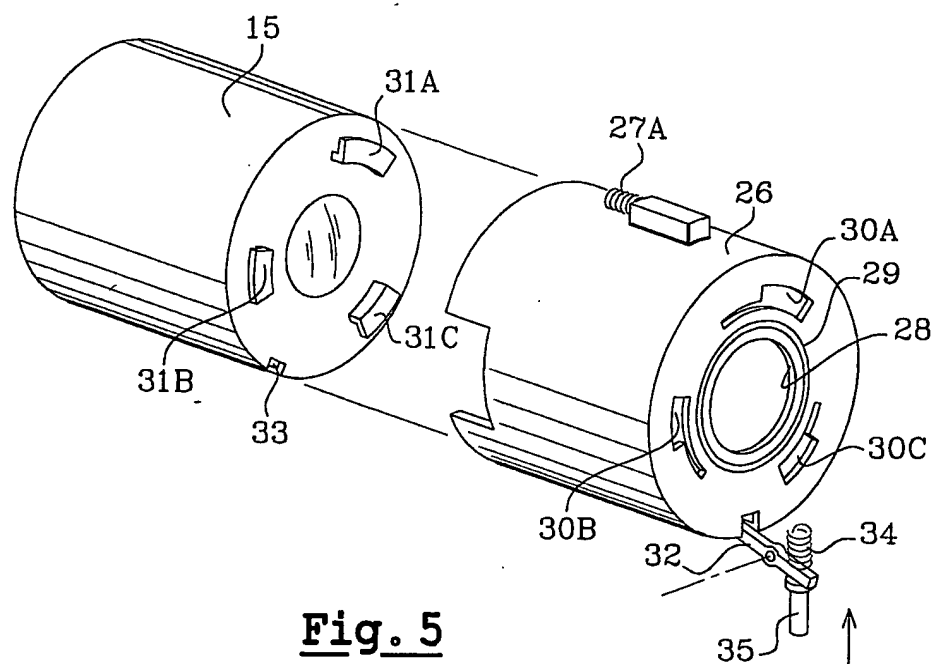


Fig. 5

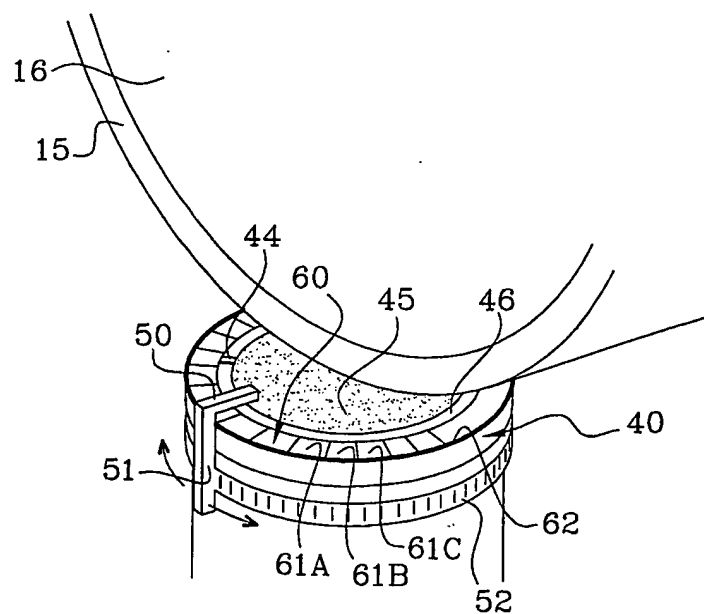
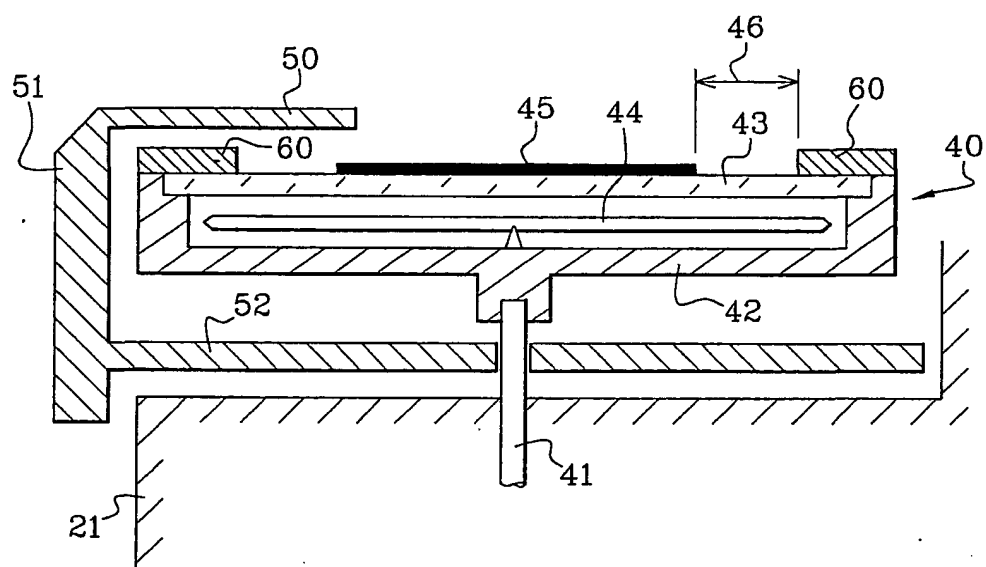
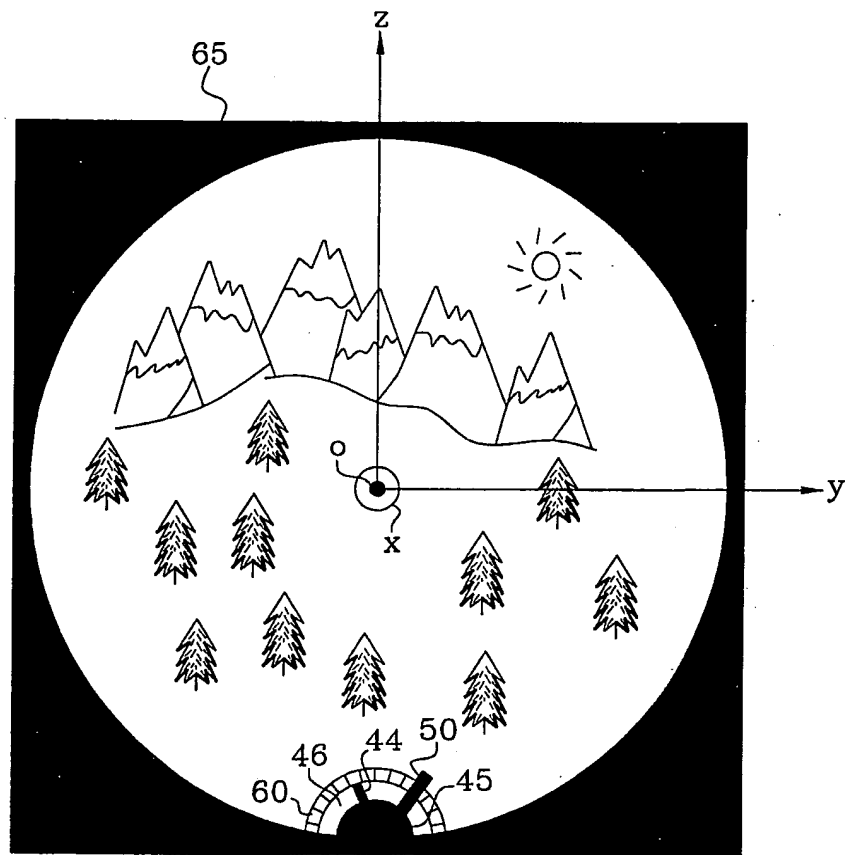


Fig. 6

5/11

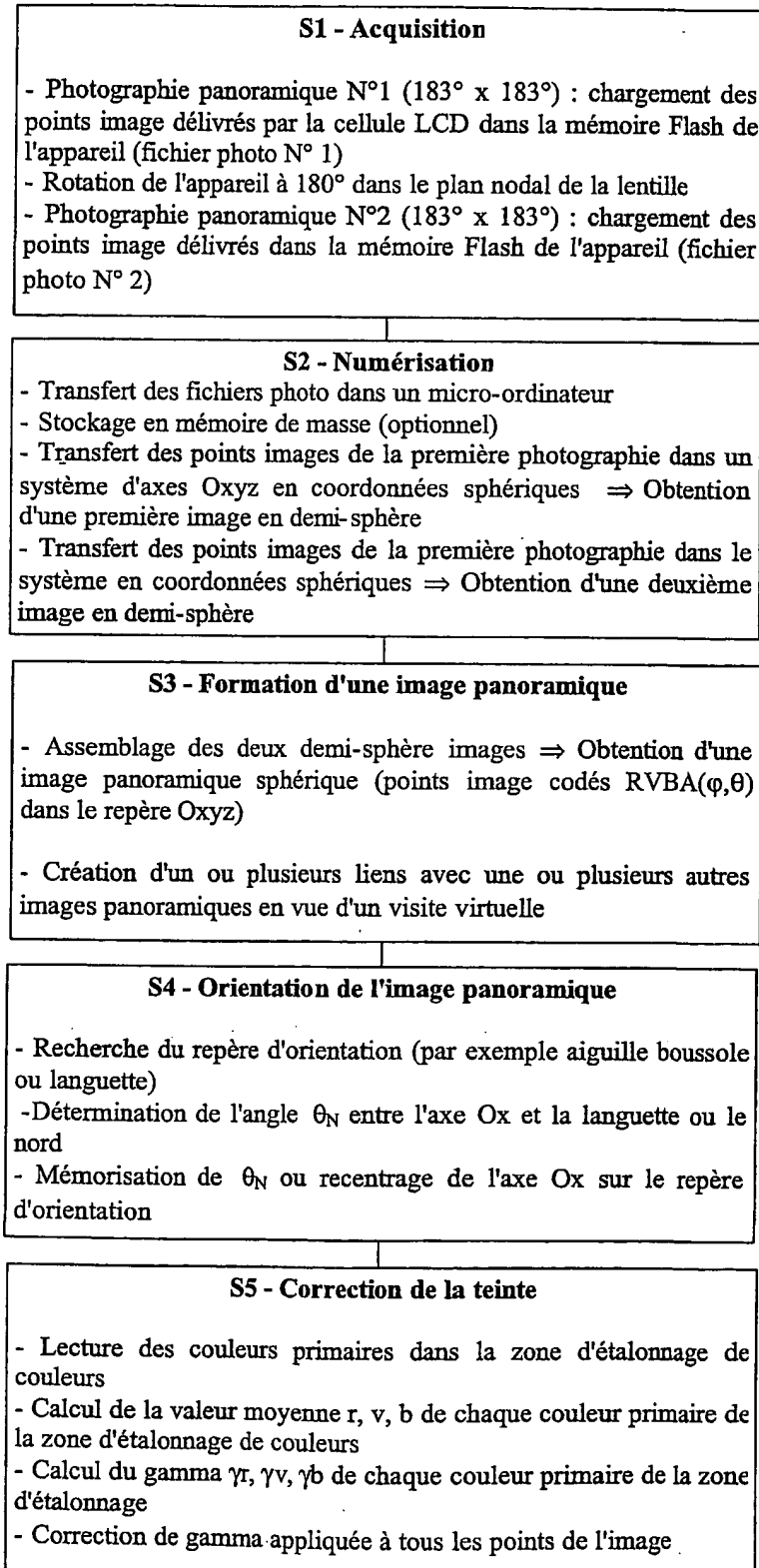
**Fig. 7**

6/11

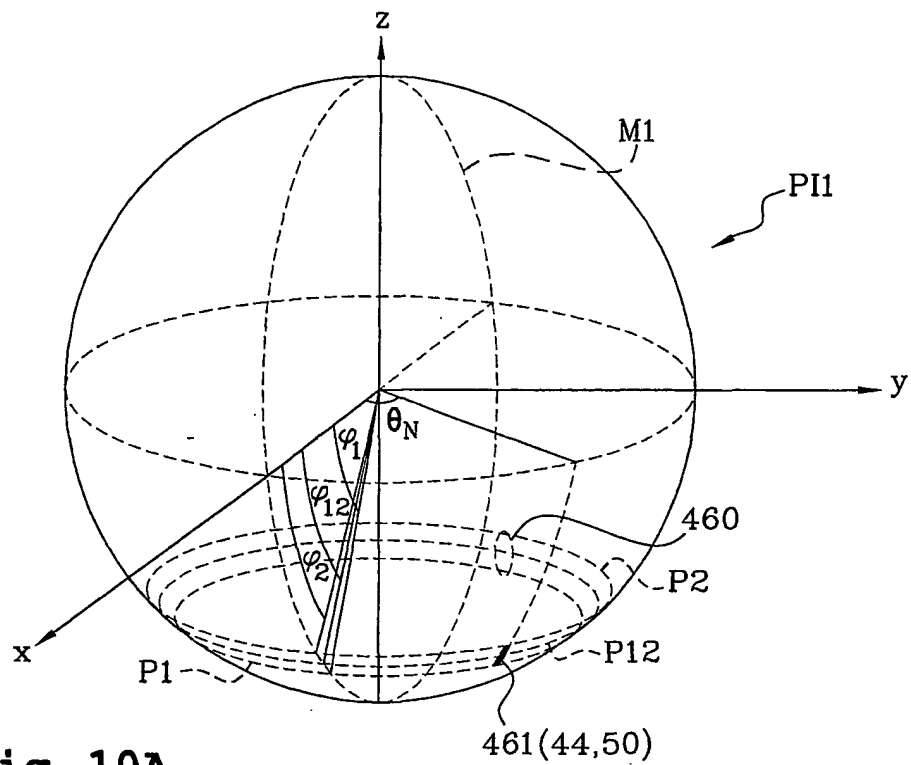


**Fig. 8**

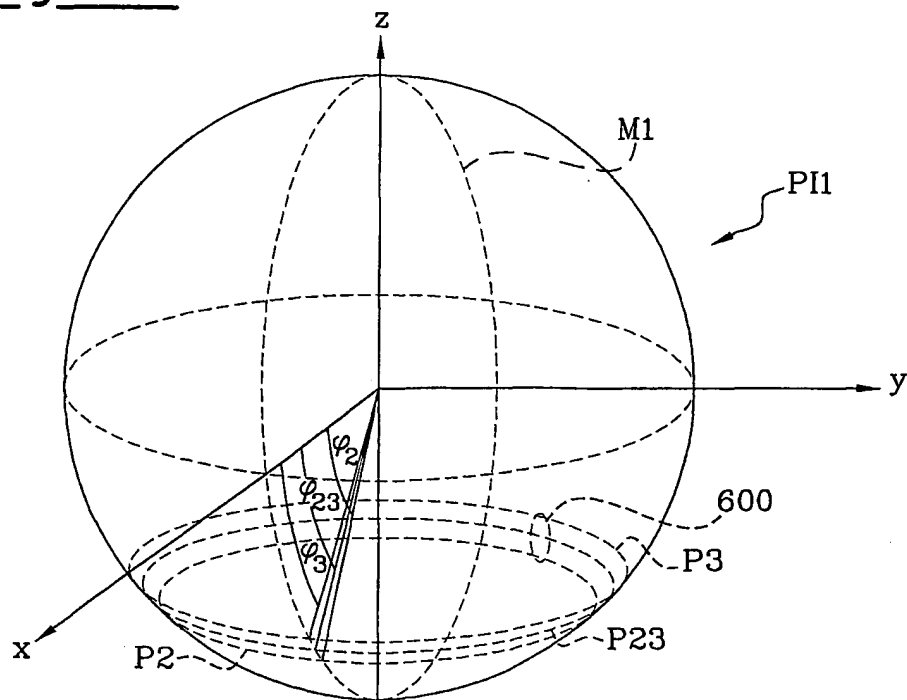
7/11

**FIG. 9**

8/11

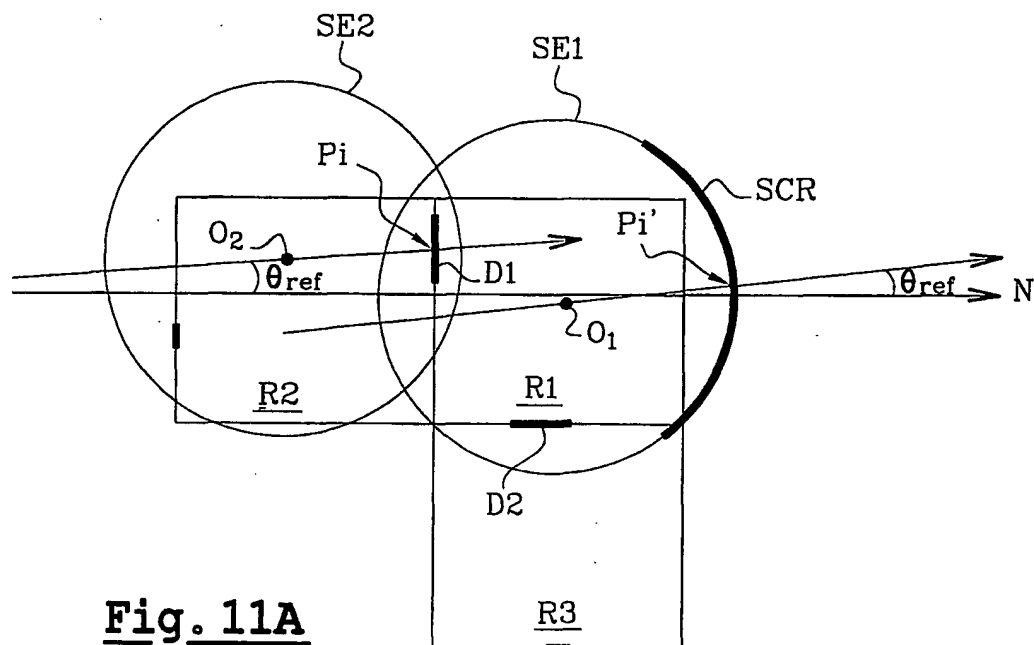


**Fig. 10A**

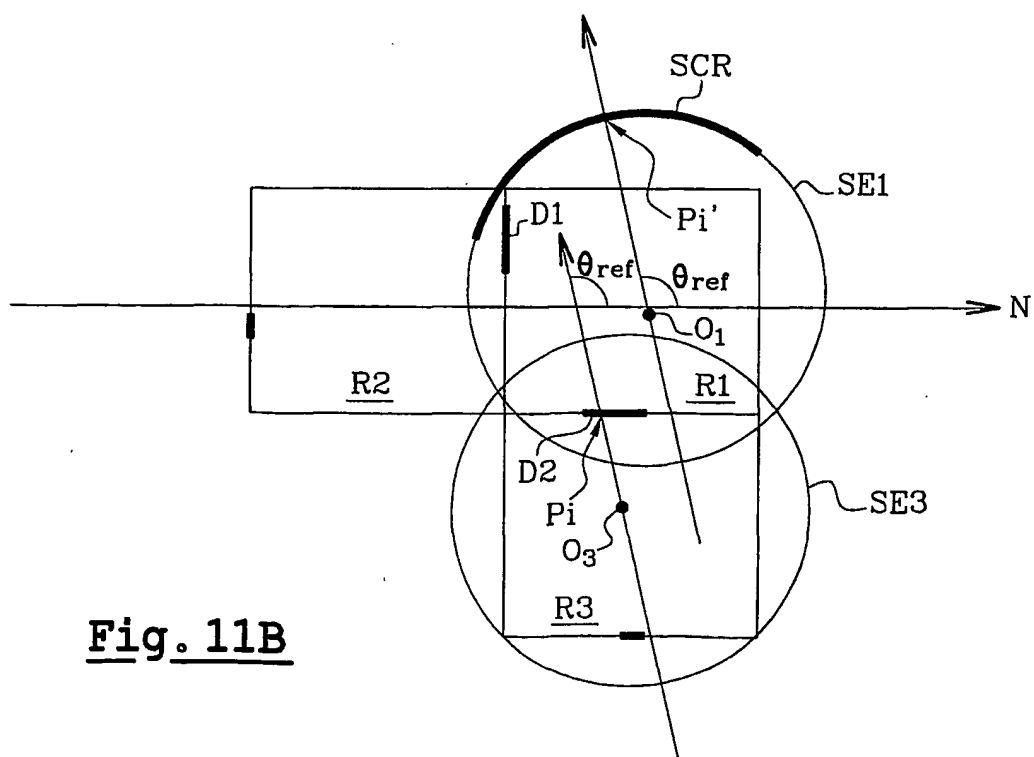


**Fig. 10B**

9/11

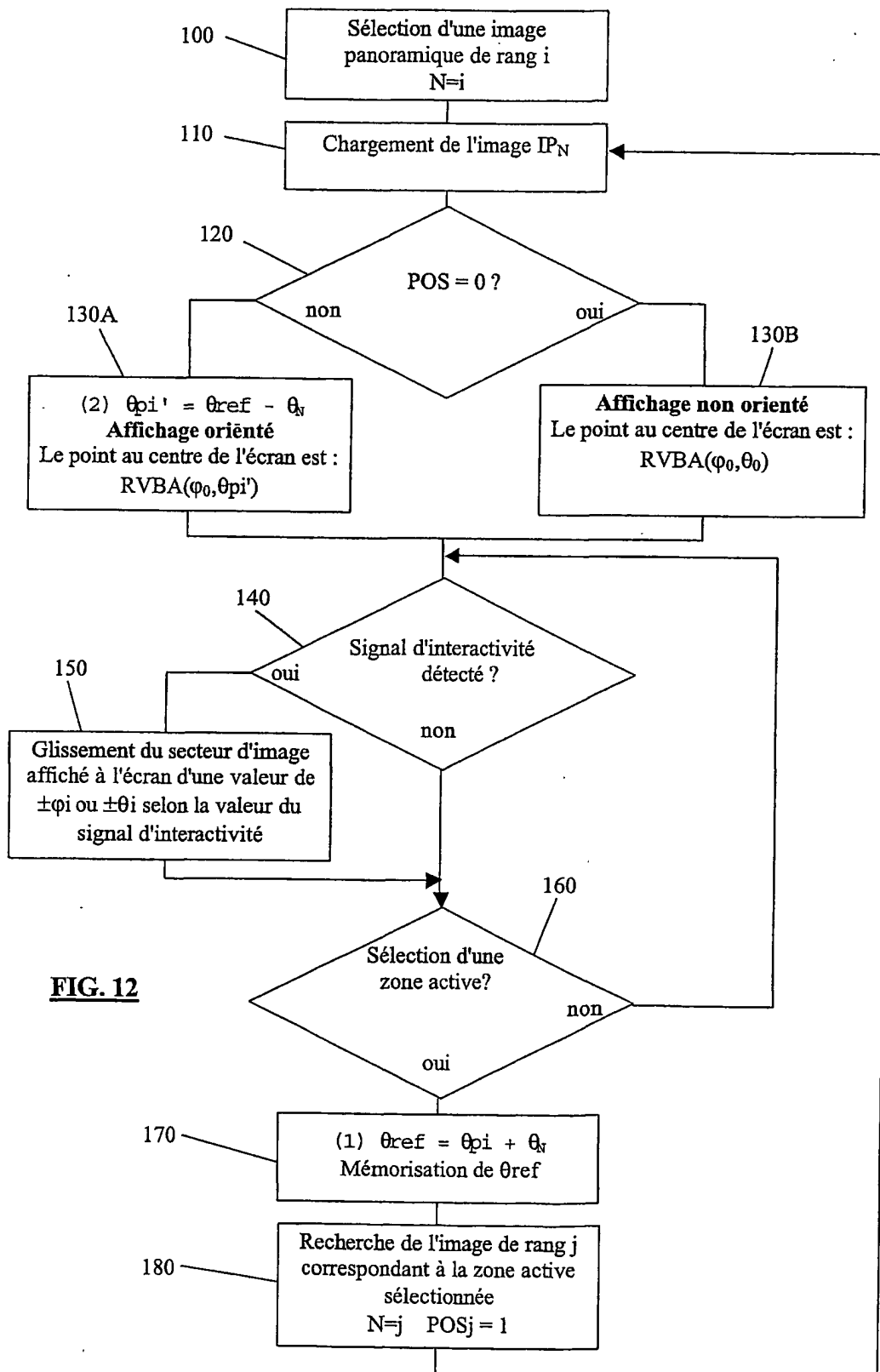


**Fig. 11A**



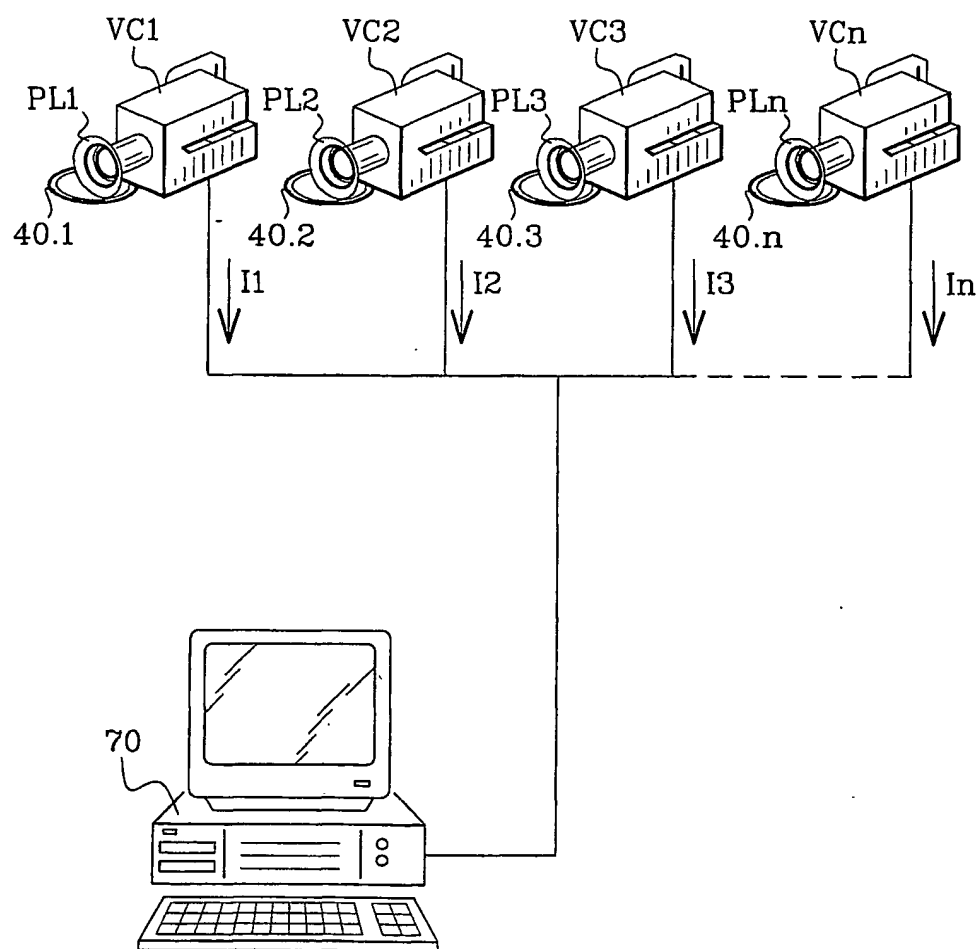
**Fig. 11B**

10/11





11/11

**Fig. 13**